

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-350853
(P2002-350853A)

(43)公開日 平成14年12月4日 (2002.12.4)

(51)Int.Cl.

G 02 F 1/13363

G 02 B 5/30

G 02 F 1/1337

識別記号

505

F I

G 02 F 1/13363

G 02 B 5/30

G 02 F 1/1337

マーク (参考)

2 H 0 4 9

2 H 0 9 0

2 H 0 9 1

505

審査請求 未請求 請求項の数14 O.L. (全 13 頁)

(21)出願番号

特願2001-158527(P2001-158527)

(22)出願日

平成13年5月28日 (2001.5.28)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 地崎 賢

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

(72)発明者 山口 英将

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

(74)代理人 100092336

弁理士 鈴木 晴敏

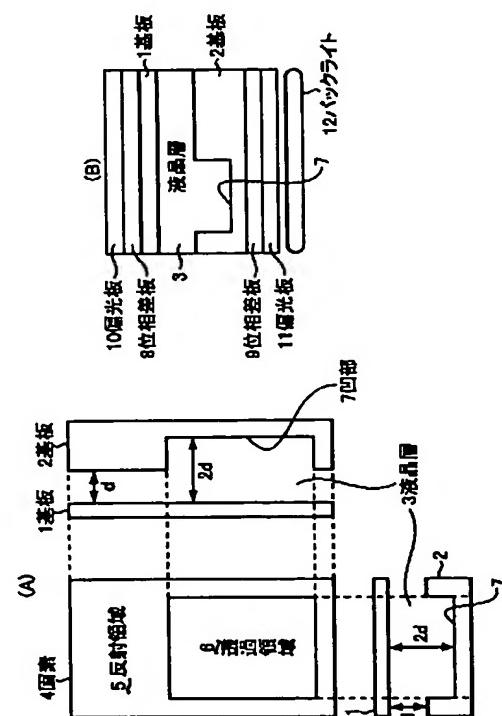
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 液晶表示素子

(57)【要約】

【課題】 反射透過併用型液晶表示素子において、透過表示モードにて高コントラスト、高透過率を示し且つ、反射表示モードでも高コントラスト、高反射率を両立させる。

【解決手段】 液晶表示素子は、光を透過可能な第一基板1と、反射領域5と透過領域6を含む画素4が形成された第二基板2と、間隙を介して互いに接合した第一基板1及び第二基板2に保持された液晶3とを有する。液晶3は、電圧無印加状態で基板1、2に対し垂直に配向している。垂直に配向した液晶3を挟む様に一対の位相差板8、9が配されている。一対の位相差板8、9は、可視域の波長帯に渡って互いに対称的な位相特性を有する。具体的には、一対の位相差板8、9は遅相軸が互いに交差しており、その交差角が $90^\circ \pm 10^\circ$ の範囲に設定されている。一対の位相差板8、9は、位相差の相対的なズレが $\pm 30\text{ nm}$ 以内に抑制されている。



(2)

2

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光を透過可能な第一基板と、反射領域と透過領域を含む画素が形成された第二基板と、間隙を介して互いに接合した第一基板及び第二基板に保持された液晶とを有する液晶表示素子であって、前記液晶は、電圧無印加状態で基板に対し垂直に配向しており、該垂直に配向した液晶を挟む様に一対の位相差板が配されており、前記一対の位相差板は、可視域の波長帯に渡って互いに対称的な位相特性を有することを特徴とする液晶表示素子。

【請求項 2】 前記一対の位相差板は遅相軸が互いに交差しており、その交差角が $90^\circ \pm 10^\circ$ の範囲に設定されていることを特徴とする請求項 1 記載の液晶表示素子。

【請求項 3】 前記一対の位相差板は、位相差の相対的なズレが $\pm 30 \text{ nm}$ 以内に抑制されていることを特徴とする請求項 1 記載の液晶表示素子。

【請求項 4】 前記液晶は、該透過領域にある部分の厚みが、該反射領域にある部分の厚みの二倍に設定されていることを特徴とする請求項 1 記載の液晶表示素子。

【請求項 5】 前記第一基板及び第二基板の少くとも片方が、該透過領域と該反射領域とで液晶の厚みを変える為に段差を有していることを特徴とする請求項 1 記載の液晶表示素子。

【請求項 6】 前記段差は、該第一基板及び第二基板の少くとも片方に形成した絶縁膜を該透過領域から選択的に除去して形成した凹部からなることを特徴とする請求項 5 記載の液晶表示素子。

【請求項 7】 前記液晶は、該凹部を利用して配向制御されており、電圧印加に応じて垂直配向から多軸配向に切り換わることを特徴とする請求項 6 記載の液晶表示素子。

【請求項 8】 前記凹部はその幾何学的な中心に対して点対称性を有することを特徴とする請求項 6 記載の液晶表示素子。

【請求項 9】 前記液晶はカイラル剤が添加されており、電圧印加に応じて垂直配向からツイスト配向に変化することを特徴とする請求項 1 記載の液晶表示素子。

【請求項 10】 前記液晶は、電圧印加に応じて透過領域にある部分が多軸配向する一方、反射領域にある部分が一軸配向することを特徴とする請求項 1 記載の液晶表示素子。

【請求項 11】 前記液晶は、該透過領域に形成された電極スリット又は柱状体を利用して多軸配向に制御されることを特徴とする請求項 10 記載の液晶表示素子。

【請求項 12】 前記柱状体は、該第一基板と第二基板の間隙を一定に規制するスペーサの役割を兼ねることを特徴とする請求項 11 記載の液晶表示素子。

【請求項 13】 前記反射領域は、該液晶を一軸配向する為にラビング処理が施されている一方、前記透過領域はラビング処理が施されていないことを特徴とする請求項 1 記載の液晶表示素子。

【請求項 14】 紫外線の選択照射により、該透過領域と該反射領域とで表面状態に差異を生じさせ、もって該透過領域と該反射領域とで液晶の配向状態を異ならしめる事を特徴とする請求項 1 記載の液晶表示素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ノートパソコン、携帯端末、携帯型 VTR 装置、デジタルスチルカメラなどに幅広く使用されている液晶表示素子に関する。液晶表示素子の中でも、反射型と透過型の機能を兼ね備えた液晶表示素子に関する発明である。反射及び透過機能をもつことは、屋内、屋外でも視認性に優れる液晶表示素子であることを意味する。よって携帯端末、携帯 VTR、デジタルスチルカメラなどの液晶表示素子に有効である。

【0002】

【従来の技術】電気信号で変調し表示内容を書きかえることのできるフラットディスプレイとして様々なものが開発、生産されている。近年、研究開発が盛んな自発光型表示素子としては、OLED (Organic Light Emitting Diode)、プラズマディスプレイ、FED (Field Emission Display) が挙げられる。

【0003】このような自発光型ディスプレイは屋内では、液晶ディスプレイと比較して輝度が明るいために視認性に優れる。しかし、屋外においては自発光するディスプレイの輝度よりも、屋外の環境の方が明るくなることが多々ある。このような環境下では自発光表示素子の視認性は著しく悪くなる。

【0004】また自発光型ディスプレイは、駆動に要する電流、電圧が比較的大きくなり消費電力が大きくなる傾向がある。消費電力が大きくなると携帯電話や携帯 VTR、デジタルスチルカメラ等の携帯端末等の表示素子には適さない。

【0005】これに対して反射型液晶ディスプレイは、自らは発光せず外光を利用して表示するために屋外の十分に明るい環境下でも視認性が悪くなることはなく、むしろ明るさは増し視認性は良くなる。また反射型液晶ディスプレイは、透過型液晶ディスプレイとは異なりバックライトを要さないために消費電力も小さく携帯用装置の表示素子に最適である。

【0006】しかし、反射型液晶ディスプレイは屋外で明るい環境下での視認性に優れるが、夜になり暗い環境になったときには、発光しないために当然暗くなり視認性も悪くなる。反射型液晶ディスプレイは、周辺環境の明るさが、そのままディスプレイの明るさに反映される

(3)

3

ので当然である。

【0007】そこで、携帯端末等のディスプレイとしては、屋外においても屋内においてもどのような環境下でも視認性に優れる表示素子が求められることになる。このような目的を達成するための表示素子の一つとして、透過反射併用型の液晶ディスプレイが挙げられる。この透過反射併用型液晶ディスプレイは、一般に次の二つの方法で実現されている。

【0008】一つ目は、特開昭59-218483号公報にあるようなものである。これは、バックライトと液晶層の間に薄い金属膜からなる半透過性反射膜を配置することで、透過及び反射モードを兼ねる手法である。しかし、このモードは原理的に透過モードと反射モードを両立して最適化することはできない。つまり、透過モードと反射モードで同じ液晶層を用いるために、透過モードを優先した光学設計を行うと反射モードの視認性が落ち、反射モード優先の光学設計を行うと透過時の光学特性が悪くなる。

【0009】2つ目は、特開平11-242226号公報にある。これは、反射部と透過部を画素面積内で分割することで、反射透過併用モードを実現している。また、透過部と反射部の液晶の配向状態を異なるようにして、良好な光学特性を反射及び透過時で得られるよう工夫をしている。

【0010】具体的には、画素内の反射部と透過部の液晶層の厚さを変えて最適化している。つまり可視域の波長における電圧オン時とオフ時の位相差を、透過部 $\lambda/2$ 、反射部 $\lambda/4$ に設定することで、反射透過部ともに高い反射率、透過率、高コントラストを達成している。即ち、透過部の液晶の厚みは、反射部の液晶の厚みの二倍としている。

【0011】特願平9-359036号や特願平10-364247号においては、液晶モードとして①2色性色素をドープしたゲストホストタイプや、②ツイスト配向モード、③ホモジニアス配向モード等が紹介されている。透過領域と反射領域とで液晶層の厚みに差を付けることに重点が置かれている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】ここで、発明者らは、透過領域と反射領域の液晶層の厚さを変えて、①②③の液晶モードのパネルをそれぞれ試作して検討を行った。特に実用に最も近いと考えられる③に関しては詳細に検討した。

【0013】①ゲストホストモードを用いた反射透過併用型液晶素子を作製し評価を行った。その結果、偏光板を用いないために反射率、透過率の高いことを確認できた。しかし2色性色素の2色比が十分でないために、黒レベルが十分に沈むことができずコントラスト不足であることが分かった。

【0014】②のツイスト配向モードを反射透過型併用

(4)

4

液晶表示素子に適用してパネルを作成して評価を行った。その結果ツイスト配向処理を行った場合には、透過領域と反射領域との境界における液晶の配向の制御が困難であることが分かった。

【0015】③のホモジニアスモードの評価を行った。ホモジニアスモードとは、基板に対して液晶分子が水平(平行)に配向するものである。面内での液晶配向方向はラビング処理などにより一方向に制御されることが多い。上下のラビングの方向がアンチパラレル方向になっている。水平モードを用いると透過部と反射部に段差があった場合に、正確にリターデーションがその差に比例して得られる利点がある。つまり反射部の液晶層の厚みを透過部の半分にすれば、リターデーションの差も半分になる。尚、水平モードには誘電率異方性が正の液晶材料を用いる。

【0016】液晶を水平配向させた反射透過併用型タイプをノーマリー・ホワイトモードとなるように光学設計したパネルについて本発明者らは試作検討を重ねた結果、次に示すような欠点があることを認識した。

【0017】水平モードでは、液晶パネルに5Vのオン電圧を印加しても液晶は完全に垂直には立たず、リターデーションが残留することが明らかとなった。残留するリターデーションは約60mm程度である。

【0018】黒レベルを下げるために残留するリターデーションと等価な位相差板を偏光板間に挿入することでコントラスト向上を図ることができる。しかし、残留するリターデーションはセル厚に依存するものであり一定ではない。また位相差板もポリマーを遠心処理して作製したものであり、リターデーション値にバラツキがあり一定ではない。のために、両者が完全に打ち消し合うことは非常に困難である。

【0019】また、液晶材料の屈折率の波長分散と位相差板の波長分散が完全に同等になることはありえない。

【0020】これらの理由から水平モードでは、高コントラストを得ることは非常に困難であると発明者らは結論づけた。

【0021】仮に高いコントラストが得られたとしても、黒を表示するために位相差板が1枚必要になることは、コスト増を招く。特に位相差が数10mmといった小さい位相差板は、その製造プロセスが微妙になりコストも高い。

【0022】次に、視野角についても評価を行った。水平配向モードは、ラビング処理等により液晶の配向方位は一方向に制御されている。よって液晶分子の立ちあがる方向は一方向である。

【0023】液晶分子が立ちあがる方向から見ると、液晶のリターデーションは大きくなる。しかしその方方位の逆方向(180°回転)から観察すると液晶のリターデーションは小さくなってしまう。このように、電界により一方向のみに液晶分子が傾斜する一軸配向モードは、観察

(4)

5

する方向で実効的なリタデーションが大きく異なってしまう。

【0024】観察する方向でのリタデーションの違いが、見る方向による“画”の違いを生じさせるのは言うまでもない。つまりリタデーションの視角依存性が大きいと、パネルの視認性の視野角特性も当然悪くなるのである。発明者らは、実験においても水平モードの視野角特性が原理的に非常に悪いことを確認した。その原理は上記に説明した理由からである。このように発明者らは、水平モードは反射透過型液晶表示素子に適しないと認識した。

【0025】本発明で解決しようとする課題は反射透過併用型液晶表示素子に関し、透過表示モードにおいて高コントラスト、高透過率を示し且つ、反射表示モードにおいても高コントラスト、高反射率を両立させることである。また、透過モード反射モード両者において広視野角を両立させることである。

【0026】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するに、以下の手段を講じた。即ち、本発明は、光を透過可能な第一基板と、反射領域と透過領域を含む画素が形成された第二基板と、間隙を介して互いに接合した第一基板及び第二基板に保持された液晶とを有する液晶表示素子であって、前記液晶は、電圧無印加状態で基板に対し垂直に配向しており、該垂直に配向した液晶を挟む様に一対の位相差板が配されており、前記一対の位相差板は、可視域の波長帯に渡って互いに対称的な位相特性を有することを特徴とする。具体的には、前記一対の位相差板は遅相軸が互いに交差しており、その交差角が $90^\circ \pm 10^\circ$ の範囲に設定されている。又、前記一対の位相差板は、位相差の相対的なズレが $\pm 30\text{ nm}$ 以内に抑制されている。

【0027】好ましくは、前記液晶は、該透過領域にある部分の厚みが、該反射領域にある部分の厚みの二倍に設定されている。例えば、前記第一基板及び第二基板の少くとも片方が、該透過領域と該反射領域とで液晶の厚みを変える為に段差を有している。この場合、前記段差は、該第一基板及び第二基板の少くとも片方に形成した絶縁膜を該透過領域から選択的に除去して形成した凹部からなる。前記液晶は、該凹部を利用して配向制御されており、電圧印加に応じて垂直配向から多軸配向に切り換わる。前記凹部はその幾何学的な中心に対して点対称性を有する。

【0028】好ましくは、前記液晶はカイラル剤が添加されており、電圧印加に応じて垂直配向からツイスト配向に変化する。又、前記液晶は、電圧印加に応じて透過領域にある部分が多軸配向する一方、反射領域にある部分が一軸配向する。又、前記液晶は、該透過領域に形成された電極スリット又は柱状体を利用して多軸配向に制御される。例えば、前記柱状体は、該第一基板と第二基

6

板の間隙を一定に規制するスペーサの役割を兼ねる。好ましくは、前記反射領域は、該液晶を一軸配向する為にラピング処理が施されている一方、前記透過領域はラピング処理が施されていない。場合によっては、紫外線の選択照射により、該透過領域と該反射領域とで表面状態に差異を生じさせ、もって該透過領域と該反射領域とで液晶の配向状態を異ならしめると良い。

【0029】発明者らは、前述した課題を解決する手段として様々な液晶モードを検討した結果、本発明の様に、液晶分子が基板に対して垂直方向に配向する垂直配向モードが最適であると断定した。このモードに用いる液晶材料は、屈折率異方性が液晶の長軸方向に平行なのに対して、誘電率異方性は液晶の長軸方向に対して直交する特徴を持つ。この垂直配向の特徴と光学設計を最適化することで、高コントラスト、高透過率／高反射率及び広視野角が、反射表示と透過表示の両者で得られることが分かった。その設計方法と原理は、上記の通りである。即ち、垂直配向モードの液晶パネルを挟む一対の位相差板が、可視域の波長帯に渡って互いに対称的な位相特性を有することが重要である。具体的には、一対の位相差板は遅相軸が互いに交差しており、その交差角が $90^\circ \pm 10^\circ$ の範囲に設定されている。又、一対の位相差板は、位相差の相対的なズレが $\pm 30\text{ nm}$ 以内に抑制されている。

【0030】垂直配向を用いて、特に透過領域の液晶層の厚さを反射領域の液晶層の厚さの約2倍にしたセル構造を得ることで透過、反射モードの表示を行うことが好ましい。電界オフ時は液晶が垂直配向しているのでリタデーションはない。電界オン時は液晶が傾斜するのでリタデーションが発生する。この時のリタデーション値を透過領域で $\lambda/2$ 、反射領域で $\lambda/4$ となるように、セル厚と反射領域及び透過領域の段差を設計する。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。図1は本発明に係る液晶表示素子の基本的な構成を示す模式図であり、(A)は三面図、(B)は断面図である。図1に示す様に、本発明に係る液晶表示素子は、光を透過可能な第一基板1と、反射領域5と透過領域6を含む画素4が形成された第二基板2と、間隙を介して互いに接合した第一基板1及び第二基板2に保持された液晶3とを有する。前記液晶3は、電圧無印加状態で基板1、2に対し垂直に配向している。該垂直に配向した液晶3を挟む様に一対の位相差板8、9が配されている。尚、さらにその外側には、一対の偏光板10、11が配されている。加えて、偏光板11の外側には、バックライト12が配されている。ここで、前記一対の位相差板8、9は、可視域の波長帯に渡って互いに対称的な位相特性を有することを特徴とする。具体的には、前記一対の位相差板8、9は遅相軸が互いに交差しており、その交差角が $90^\circ \pm 10^\circ$ の範

(5)

7

囲に設定されている。又、前記一対の位相差板8、9は、位相差の相対的なズレが±30nm以内に抑制されている。

【0032】好ましくは、前記液晶3は、該透過領域6にある部分の厚み2dが、該反射領域5にある部分の厚みdの二倍に設定されている。例えば、前記第一基板1及び第二基板2の少くとも片方が、該透過領域6と該反射領域5とで液晶3の厚みを変える為に段差を有している。この場合、前記段差は、該第一基板1及び第二基板2の少くとも片方に形成した絶縁膜を該透過領域6から選択的に除去して形成した凹部7からなる。前記液晶3は、該凹部7を利用して配向制御されており、電圧印加に応じて垂直配向から多軸配向に切り換わる。前記凹部7はその幾何学的な中心に対して点対称性を有する。

【0033】好ましくは、前記液晶3はカイラル剤が添加されており、電圧印加に応じて垂直配向からツイスト配向に変化する。又、前記液晶3は、電圧印加に応じて透過領域6にある部分が多軸配向する一方、反射領域5にある部分が一軸配向する。例えば、前記液晶3は、該透過領域6に形成された電極スリット又は柱状体を利用して多軸配向に制御できる。この場合、前記柱状体は、該第一基板1と第二基板2の間隙を一定に規制するスペーサーの役割を兼ねることが出来る。好ましくは、前記反射領域5は、該液晶3を一軸配向する為にラビング処理が施されている一方、前記透過領域6はラビング処理が施されていない。場合によっては、紫外線の選択照射により、該透過領域6と該反射領域5とで表面状態に差異を生じさせ、もって該透過領域6と該反射領域5とで液晶の配向状態を異ならしめると良い。

【0034】(B)に示す様に、反射モードで高コントラストを得るためにには、位相差板8として、広帯域λ/4板を用いる方法が有効である。液晶層3のリターデーションをなくして偏光板10と広帯域λ/4板8だけで黒を表示する方法である。λ/4板8が広帯域でλ/4条件を満たす。入射光は、基板2の反射領域で反射して二度λ/4板8を通過するので直線偏光が90°回転することになる。つまり偏光板10から入った直線偏光は全く出射しないことになり、黒レベルが沈んで高いコントラストを得ることができる。発明者らは、この方法を用いることが有効と判断した。つまり液晶表示素子の前面側には偏光板10とλ/4板8を配置する構造とした。液晶層3は、垂直配向である。垂直配向は電界オフ時に液晶分子が垂直配向しているためにリターデーションはない。よって反射モードはノーマリーブラックモードである。

【0035】反射モードをノーマリーブラックモードで設計した場合、当然透過モードも同様にノーマリーブラックモードに設計する必要がある。透過モードをノーマリーブラックモードにするには、次のことが必要となる。透過モードで有効な偏光板、位相差板の配置方法を

8

同じく図1の(B)に示す。パネル裏面側に、パネル表面に配置したλ/4板8と全く等価な位相差板9を90°回転して配置するか、90°回転して得られる位相差板9と同じ光学効果をもつ位相差板を配置することが必要である。これは、図1の(B)に示す構造において、バックライト12からの出射光の伝播状態を解析することから明らかになる。

【0036】透過領域6における光の伝播を解析する。バックライト12から出た光は、偏光板11により直線偏光に変換される。次に裏面のλ/4位相差板9により円偏光に変換される。次に、液晶層3を通過するときには、液晶が垂直配向しているため位相差が無く偏光状態は変わらない。次に位相差板9に対して光軸が90°回転した表面側の位相差板8を通過する。このとき、円偏光は直線偏光に変換され、その偏光方向は偏光板11を通過した時と全く同じ方向となる。偏光板11と偏光板10とは直交しているために、光は偏光板10を透過せず黒を示す。この時の黒レベルは、偏光板をクロスニコル配置した時と同等であり、非常に黒レベルの透過光強度は小さく、透過モード時に高コントラストを容易に得ることができる。

【0037】尚、一対の位相差板8、9や、一対の偏光板10、11を上記のように各々90°直交させずに、パラレルにてもノーマリーブラックモードでの駆動が可能である。その原理は、λ/4位相差板2枚で、λ/2板を形成することで、入射した直線偏光を90°回転させることにより実現できる。しかし位相差板2枚で可視域波長領域においてλ/2条件を満たすことは非常に困難である。平行に配置するよりは、上記のように直交させるほうが容易に暗状態を得ることができる。

【0038】一対の位相差板を直交配置させた場合に、λ/4位相差板8とλ/4位相差板9とは可視域の波長帯において全く等価な位相差を持つことが必要である。それは、すべての波長の光においてλ/4位相差板8とλ/4位相差板9とが打ち消し合うことで、黒を表示するからである。

【0039】反射モードでも、表面側のλ/4位相差板8は用いるので、広帯域のλ/4板であることが必要である。もっとも理想的な位相差板の構成は次に示す構造である。即ち、λ/4位相差板8と9ともに可視域波長の全体においてλ/4の位相差を持つこと、及び、λ/4位相差板8、9の光軸が90°の角度をなして配置されることである。

【0040】λ/4位相差板8、9は一軸性の位相差板であってもよいし、二軸性の位相差板であっても構わない。しかし、面内の位相差に関しては上記のような二条件を満たすことは必要である。

【0041】視野角を広げるために、λ/4位相差板8、9の他に屈折率異方性が負である位相差板を配置しても構わない。しかし、面内の位相差に関しては同じく

(6)

9

上記のような条件を満たすことは必要である。

【0042】尚、透過領域6において、電圧を印加すると液晶3は垂直配向から多軸配向に移行し、 $\lambda/2$ 位相差板として機能する。従って、入射直線偏光は、90°回転して出射直線偏光となり、表面側の偏光板10を通過する。よって、白表示が得られる。又、反射領域5において、電圧を印加すると液晶3は垂直配向から一軸配向に移行し、 $\lambda/4$ 位相差板として機能する。反射領域では光が往復するので、結局液晶3は透過領域と同じく往復で $\lambda/2$ 位相差板と等価になり、入射直線偏光は、90°回転して出射直線偏光となり、表面側の偏光板10を通過する。よって、白表示が得られる。前述した様に、液晶3は、透過領域6にある部分の厚みが、反射領域5にある部分の厚みの二倍に設定されており、透過領域6では電圧印加に応じて $\lambda/2$ 位相差板として機能し、反射領域5では電圧印加に応じて $\lambda/4$ 位相差板として機能する。

【0043】発明者らは、特に透過時の視野角特性を広げるために有効な液晶配向方法について検討した。その結果、図2に示すように電界無印加状態においては垂直配向をとり、電界を印加して液晶分子を傾斜させる。その傾斜方向を360°面内に均等に分布させ、所謂放射配向又は多軸配向とすることで、視野角を大幅に拡大できることができることが分かった。反射部、透過部の配向をこのように制御することで両モードの視野角を飛躍的に向上させることができる。特に透過部の配向を上記した様に制御することが反射部より効果が大きいことを確認した。反射部は、傾斜方向が一様であっても散乱反射板等を設置することで広視野角化が可能であるためである。

【0044】液晶の配向方向を様々な方向に制御する技術は既に検討されており、例えば、Y. Toko et. al., SID'93 Digest of Tech. Papers, 24 (1993) 622がある。TNモードにおいて、ラビング処理を行わないことで、液晶の配向方向に分布を持たせることを特徴とする技術である。

【0045】垂直配向においても同様な技術として、T. Yamamoto et. al., SID'91 Digest of Tech. Papers, 22 (1991) 1081などが報告されている。この技術は、電界を利用して液晶分子を放射状に傾斜させることで視野角を向上させるものである。

【0046】垂直配向モードにおいて液晶の配向方位を360°あらゆる方向に分布させることで視野角を向上しつつ、透過率を向上させる技術が報告されている。

Y. Iwamoto et. al SID'00 Digest of Tech. Papers, 31 (2000) 902である。この報告では、液晶配向方向を電界で放射状に分布させることで視野角を広くしつつ、 $\lambda/4$ 板を偏光板の前後に配置することで透過率を向上さ

10

せている。原理は、 $\lambda/4$ 板を導入することで透過率が液晶の配向方位に依存しなくなるためである。同時に液晶が偏光板と同一方向に配向した領域においても光が透過する特徴がある。

【0047】本発明においても、透過表示領域において $\lambda/4$ 板の配置が必要である。そのため、上述した Y. Iwamoto et. al SID'00 Digest of Tech. Papers, 31 (2000) 902の技術と組み合わせることが可能である。すなわち、透過領域の液晶分子の配向状態を何らかの方法で全ての方位に分散させることで、視野角の向上と高い透過率を両立することが可能である。

【0048】尚、液晶の配向方向を360°方位に分散させる必要性はなく、一般に2方向、3方向、4方向等多軸に分割しても同様な効果が得られる。

【0049】透過表示領域の液晶分子を電界オン時にあらゆる方向に傾斜させる方法としては、様々な方法が提案できる。その中でも発明者らが特に有効と考えるのが、反射部と透過部に段差を設けて溝のような構造を導入する方法である。この構造は、同時に、透過領域にある液晶の厚みを、反射領域にある液晶の厚みの二倍に設定する条件を満たすことが望ましい。

【0050】具体的な構造としては、図3のような構造が考えられる。尚、理解を容易にする為に、図1に示した実施形態と対応する部分には対応する番号を付してある。本実施形態の場合、凹部7の形状は、透過部6の重心に対して対称性を持つことが望ましい。それは、液晶3の配向方位を重心から中心に向って放射状に制御しやすいからである。その為に、図3に示す溝からなる凹部30 7が形成されている。凹部7があった場合には、液晶分子はその溝の傾斜角にそって配向することから、電界印加時に放射状に傾斜させるための制御に最適である。

【0051】透過部6のほぼ重心に相当する位置には、電界オン時に放射状の配向を誘起するような核を配置することが望ましい。核の配置は液晶を保持する基板のどちら側にあっても構わない。核としては、電極をパターンニングして取り除いたものや、図示の様に平坦化膜などで突起13をフォトリソ工程で作製したものでもよい。尚、突起物で核を作製する場合は、その突起が2枚40 の基板1, 2間を保持するためのスペーサ機能を兼ねることも可能である。

【0052】発明者らが提案する反射透過併用型液晶素子の透過領域における液晶の配向制御を上記のように行うことで、透過モードにおいて広視野角、高透過率を実現できることが以下の実施例から明らかである。

【0053】先ず実施例1のパネル断面構造を図4に示す。尚、理解を容易にする為に、図1に示した実施形態と対応する部分には対応する番号を付してある。本液晶表示素子は、カラーフィルタ基板1とTFT (Thin 50 Film Transistor) 基板2の2枚から

(7)

11

なる。2枚の基板1、2間はスペーサ22を介して液晶3を挟みこむ構造をとる。

【0054】TFT基板2には、画素4をアクティブ駆動するためのTFT素子21が形成されている。又、TFT素子21に接続するゲート線G及び信号線Sも形成されている。TFT21上に平坦化層23として透明な感光性樹脂がパターニングされている。平坦化膜23の厚さは約 $2.0\mu\text{m}$ である。平坦化膜23は透過領域6には残らないようにパターンニングする。透過領域6は正八角形の形状を取る凹部7を有している。平坦化膜23上には透明電極24であるITOが画素全域に形成されている。透明電極24上の画素の反射領域5には凹凸構造の光散乱効果のある構造を感光性樹脂でパターンニングにより形成している。反射領域5には、凹凸構造の上に電極と反射板を兼ねるA1金属膜25を形成する。このTFT側の画素構造で、トランジスタのドレイン電極とITO、A1とは物理的に接触を取るような構造になるようにパターンニングする。

【0055】カラーフィルタ(CF)基板1には、赤(R)、緑(G)、青(B)のカラーフィルタ29がストライプ状に形成されている。そのカラーフィルタ29の上には、 100mm 厚の透明電極27がITOで形成されている。CF側基板1には、ITO上に円錐状の突起13を形成した。突起13の作成は感光性樹脂をフォトリソグラフィー処理で作りこんだ。感光性材料をスピンドルコートとして、露光現像した後に 180°C でミッドペイクすることで円錐に近い構造とした。突起13の大きさは半径 $5\mu\text{m}$ で高さは $1.5\mu\text{m}$ とした。突起13は重ね合わせた時に、TFT基板2の八角形の透過領域6の中心に位置するように配置した。

【0056】TFT基板2、CF基板1とともに垂直配向膜26、28を配向剤JALS-2021(JSR(株))により 50mm 印刷方法で製膜する。その後、 180°C 1時間オーブンで熱処理を行う。熱処理後にTFT基板2、CF基板1が重ね合わせた時にお互いのラビング方向がアンチパラレルになるような方位に配向膜26、28のラビング処理を行う。

【0057】ラビング処理を施したTFT基板2にコモン電極接続用の導電剤塗布を行い、 $2.0\mu\text{m}$ のアクリル系スペーサ22を散布した。CF基板1にはシール材を塗布した。TFT基板2とCF基板1とを重ね合わせて 13.3Pa 、 120°C で2時間放置して接着させる。重ね合わせ後に、透過部6の厚さが $4.0\mu\text{m}$ 、反射部5が $2.0\mu\text{m}$ となっていることを確認した。

【0058】空パネルに真空注入方法で液晶3を注入する。注入した液晶3は、誘電率異方性が負の液晶材料である。誘電率異方性($\Delta\epsilon$)は -5.5 である。屈折率異方性(Δn)は 0.08 である。

【0059】この後、位相差板及び偏光板をパネルに貼り合わせた。上から順に偏光板10(観察側)、位相差

12

板81、位相差板82、液晶層3、位相差板91、位相差板92、偏光板11(バックライト側)を重ねた積層構造となっている。観察側に位置する位相差板81と位相差板82とで $\lambda/4$ 波長板を構成している。又、バックライト側の位相差板91及び92で他の $\lambda/4$ 波長板を構成している。

【0060】図5は、図4に示した実施例1のパネル構造を表にして模式的に表わしたものである。図示する様に、実施例1に係る液晶表示素子は、上から順に偏光板

10(観察側)、位相差板1、位相差板2、液晶層、位相差板3、位相差板4、偏光板(バックライト側)を重ねた積層構造となっている。観察側に位置する位相差板1と位相差板2とで $\lambda/4$ 波長板を構成している。又、バックライト側の位相差板3及び4で他の $\lambda/4$ 波長板を構成している。観察側の位相差板1とバックライト側の位相差板4とが、互いに対応しておりそれぞれ位相差が 270nm と等しい。又、位相差板2と位相差板3とが対応しており、それぞれ位相差が 140nm で等しくなっている。互いに対応する位相差板1、4の遅相軸は 90° で直交している。同様に、位相差板2、3の遅相軸も互いに直交している。加えて、観察側の偏光板とバックライト側の偏光板とも、吸収軸が互いに直交している。

【0061】係る構造のパネルにおいて、透過モードでの測定結果も図5に示されており、黒表示時の透過率が 2.0% で、白表示時の比を表わすコントラストは 150 であった。本実施例の透過表示モードにおいて、位相差板1と位相差板4及び位相差板2と位相差板3は、位相差が等しく遅相軸が直交しており、最も暗状態の透過率が小さくなり且つコントラストが大きくなる。

【0062】尚、実施例1に係る反射透過型併用型液晶表示素子の光学特性は下記に示す定義に従って測定を行った。反射モード時の反射率とコントラストは次に示す定義で測定した。即ち、反射率はパネル法線方向から 30° の平行光を入射させて法線方向の反射強度を持って定義した。ただし反射率 100% の反射強度は、標準白色板(MgO)の反射率をとした。反射モードのコントラストは、 4.5V 印加時の反射率を印加しないときの反射率で割った値で定義した。透過モードの透過率とコントラスト、視野角は次に示す定義で測定した。透過モードの透過率は、 4.5V 印加時の液晶パネル透過後の透過光強度をバックライト光強度で割った値で定義する。コントラストは、 4.5V 印加時の透過光強度を電圧無印加状態の透過光強度で割った値である。

【0063】図6は、図5に示した各位相板及び偏光板の配置関係を模式的に表わしている。図6に示した双頭矢印は、各位相差板の遅相軸及び偏光板の吸収軸の方位を表わしている。この方位は、水平軸を基準にして反時計方向に測定されており、その角度数値が図5の表にまとめられている。図6の模式図から明らかな様に、互いに対応する位相差板1と位相差板4の遅相軸は直交して

(8)

13

おり、位相差板2と位相差板3の遅相軸も互いに直交している。又、観察側の偏光板1とバックライト側の偏光板2の吸収軸も互いに直交している。加えて、TFT基板側のラビング方向とCF基板側のラビング方向はアンチパラレルの関係になっている。

【0064】図7は、実施例2の構成を表にまとめたものである。実施例2は、図5に示した理想構造である実施例1と基本的に同様な構成を有している。異なる点は、位相差板1の遅相軸を $100^\circ \sim 120^\circ$ の間で 2° 刻みで変化させたことである。

【0065】この条件で実施例2の透過モードにおける光学特性を測定した。その結果を図8に示す。前述した様に、実施例2では、位相差板1の遅相軸を $100^\circ \sim 120^\circ$ の間で 2° 刻みに変化させており、各々の角度で、透過率及びコントラストを測定している。

【0066】図9は、図8に示した透過率の測定結果をグラフ化したものである。横軸に位相差板1の遅相軸を取り、縦軸に透過率を取ってある。グラフから明らかなる様に、位相差板1の遅相軸が理想状態である 110° に設定されている時、透過率は2%まで上がる。これからずれるに従って、透過率は低下していく。

【0067】図10は、図8に示した実施例2のコントラストの測定結果をグラフ化したものである。横軸に位相差板1の遅相軸を取り、縦軸にコントラストを取ってある。位相差板1の遅相軸が理想的な状態である 110° に設定されている時、コントラストは150で最も高くなる。一般に、コントラストは、最低で10は必要と考えられている。従って、位相差板の遅相軸は $100^\circ \sim 120^\circ$ の範囲で有効である。 110° を基準とすると、遅相軸のずれは $\pm 10^\circ$ の範囲に収まれば実用的に問題はない。

【0068】図11は、実施例3のパネル構造を表したものである。基本的には、実施例1と同様であるが、位相差板2の位相差を $110\text{ nm} \sim 170\text{ nm}$ の間で変化させて、透過モードの光学特性を測定した。

【0069】図12は、実施例3の透過モードにおける光学特性の測定結果を表わしている。

【0070】図13は、図12に示した測定結果の内、透過率の変化をグラフ化したものである。横軸に位相差板2の位相差を取り、縦軸に透過率を取ってある。位相差板2の位相差が 135 nm の時、黒表示モードにおける透過率が最も高くなり、ピークから離れるに従って透過率は低くなる。しかし、その変化は全体的に小さな範囲に留まっている。

【0071】図14は、図12に示した実施例3の測定結果の内、コントラストの変化をグラフ化したものであり、横軸に位相差板2の位相差を取り、縦軸にコントラストを取ってある。グラフから明らかなる様に、位相差板2の位相差がちょうど理想的な状態である 140 nm の時、コントラストは最も高くなる。コントラストは前述

14

した様に最低でも 10 程度は必要であるが、好ましくは 20 より大きいことがよい。この場合、位相差板2の位相差はほぼ $110\text{ nm} \sim 170\text{ nm}$ の間に入っていれば、実用的に見て十分である。中央の 140 nm を基準とすると、位相差のずれは $\pm 30\text{ nm}$ まで許容可能である。

【0072】本発明に係る垂直配向モードと、ホモジニアス配向モードとで光学特性の比較を行うために、ホモジニアス配向の反射透過併用型液晶表示素子を参考例として試作した。その光学構成を図15の表図にまとめてある。

【0073】作製プロセスは実施例1で示したものとほとんど同じであるため、相違点のみ記載する。先ず実施例1で設けたCF基板側の突起物は、ホモジニアス配向モードでは設けなかった。次に、配向処理には垂直配向膜の代わりに水平配向する配向膜を用いた。具体的には、SE7492(日産化学)を用いた。ラビング方向は実施例1に示すものと同じ方向とした。又、注入する液晶は、誘電率異方性が正であり Δn が 0.075 のものを用いた。基板の重ね合わせは、 $2.0\mu\text{m}$ の散布スペーサを用いて組み立てた。位相差板及び偏光板の構成は図15に示した通りである。

【0074】参考例の光学特性を実施例1と同一の条件で測定した。透過モードにおいて、透過率は 2.0 で、コントラストは 80 であった。この結果から明らかのように、ホモジニアス配向の参考例と比較して、実施例1の垂直配向モードの方が、コントラストで優れることができた。

【0075】続いて実施例4の形態を図16に示す。
尚、理解を容易にする為、実施例1と対応する部分には対応する参照番号を付してある。実施例1において、CF側基板に設けた突起物の代わりに、透明電極27を円状にエッティングで取り除いた構造を用いた。このITOスリット50は、実施例1の突起物と同じ効果を生む。透過領域6の電界印加時の液晶配向状態を確認したところ、ITOスリットを中心にして放射状に液晶が配向していることを確認した。このように作製した液晶表示素子の光学特性を実施例1と同じ方法で評価した。透過モードにおいて、透過率は 2.0 で、コントラストは 150 であった。実施例1と同様な結果が得られることを確認した。

【0076】続いて実施例5の形態を図17に示す。
尚、理解を容易にする為、実施例1と対応する部分には対応する参照番号を付してある。実施例1で設けた突起物に代えて、ITO上に十字状のリブ構造13を設けた。透過領域6の電界印加時の液晶配向状態を確認したところ、十字状のリブ構造13を中心にして放射状に液晶が配向していることを確認した。このように作製した液晶表示素子の光学特性を実施例1と同じ方法で評価した。透過モードにおいて、透過率は 2.0 で、コントラ

(9)

15

ストは150であった。実施例1と同様な結果が得られることを確認した。

【0077】実施例1で行った配向処理工程において、TFT基板のみラビング処理を行う場合と、CF側基板のみラビング処理を行った場合と、両基板にラビング処理を行わなかった場合で液晶表示素子を作製し、実施例6とした。片側基板のみラビング処理を行った場合は、液晶の配向状態は実施例1とほぼ同じであった。両基板ともにラビング処理を行わない場合は、透過領域の配向状態は実施例1よりも、より対称性に優れた放射状に配向することが確認できた。反射領域の配向も、散乱板の凹凸が液晶配向をランダムにする効果があり反射モードの視野角も広くなつた。ランダム配向になっているにも関わらず、反射率の低下は少なかつた。このことは、本発明の効果が反射モードにおいても機能しているためである。このように作製した液晶表示素子の光学特性を実施例1と同じ方法で評価した。透過モードにおいて、透過率は2.0%で、コントラストは150であった。実施例1と同様な結果が得られることを確認した。

【0078】実施例7の形態を図18に示す。尚、理解を容易にする為、実施例1と対応する部分には対応する参照番号を付してある。実施例1で設けたCF基板上の突起物に代えて、高さ約4.0μmのスペーサ柱60を形成した。透過領域6は断面形状が正八角形で対角線を8μmとした。このCF基板1とTFT基板2とをスペーサ散布プロセスなしで、貼り合わせた。その結果、セル厚は散布スペーサと同様に透過部6が約4.0m、反射部5は約2.0μmであることが分かった。同時に電界印加時に透過領域6の液晶の配向状態を観察したところ、スペーサ柱60を中心に放射状に液晶の配向が制御されていることも確認した。つまり本実施例では、突起物60がTFT基板2とCF基板1間を保つスペーサとして機能すると同時に、透過領域6を放射状に配向させるための核としても機能することが確認できた。このように作製した液晶表示素子の光学特性を実施例1と同じ方法で評価した。透過モードにおいて、透過率は1.85%で、コントラストは150であった。実施例1と同様な結果が得られることを確認した。尚、スペーサ柱60の部分が透過率に寄与しないために若干電圧オン時の透過率が小さくなるが他のパラメータは実施例1と比較して遜色はない。

【0079】実施例8の形態を図19に示す。実施例1の配向処理のプロセスを変更し、次に示すような手法で液晶の配向制御を行つた。即ち、TFT基板、CF基板とともに、垂直配向膜としてJALS2021(JSR)を印刷して180度で1時間ベイクする。その後に、偏光した紫外線を配向膜に選択的に照射する。紫外線ランプには水銀ランプを用いた。紫外線の偏光は、誘電体多層膜を積層させたものを通過させることにより実現した。偏光紫外線は基板法線に対して45°の角度をなす

16

ような方位から照射した。また図19で定義する照射方向を、実施例1のラビング方向と同じ方向になるようにした。偏光紫外線は、マスクを用いることで反射部領域だけに選択的に照射を行つた。照射した紫外線エネルギーは365nmで約1[J/cm²]である。上記した配向プロセスを行うことで、反射部のみに配向処理を行うことができた。このよう則に配向処理を行つた両基板を貼り合わせて液晶表示素子を作製して、実施例1と同様な評価を行つた。透過モードにおいて、透過率は2.

10 0で、コントラストは150であった。光学特性は、実施例1とほとんど同じであったが、透過領域は実施例1と比較して均一に配向分割されていることを光学顕微鏡で確認した。

【0080】実施例9としてカイラル材を混入した液晶を用いた。実施例1において、注入する液晶のみを変えてパネルを試作した。液晶材料自身は同じものを用いたが、液晶中にカイラル剤を混入してカイラルピッチを50μmに調整した。この液晶を実施例1と同じプロセスで注入して、実施例1と同じように実装して光学特性を評価した。透過モードにおいて、透過率は2.0で、コントラストは150であった。光学特性は実施例1と遜色はないが人間の目で観察した結果、視野角特性が実施例1と比較して優れることを確認した。

【0081】

【発明の効果】本発明を用いることで、反射透過型併用液晶表示素子において次に示す効果が期待できる。

1. 反射表示領域において、高コントラスト、高反射率を両立することが可能となる。

2. 透過表示領域において、高コントラスト、高透過率、広視野角を実現可能となる。

3. 位相差板の設計がシンプルで、位相差板の枚数が最小2枚まで削減可能で、パネルを安価に作製することが可能となる。なお、位相板は一对に限られることなく、二対以上であつても良い。

4. 垂直配向のノーマリーブラックモードであるため、コントラスト対策の遮光処理を行う必要がない。遮光が必要ないことで開口率が大きくなり、高い反射率と透過率を実現できる。

5. 垂直配向モードは電圧-透過率カーブの閾値が大きい特徴がある。そのためクロストークが認識しにくいという利点がある。

6. ラビング工程を省くことも可能であり、ラビング洗浄も省くことができる。二工程のプロセスが削減され、タクト時間が減ると同時に、ラビングによる歩留まり低下も防げる。同時にラビングによる粉塵発生も防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る液晶表示素子の基本的な構成を示す模式図である。

50 【図2】図1に示した液晶表示素子の液晶配向状態を示

(10)

17

す模式図である。

【図3】図1に示した液晶表示素子の変形例を示す模式図である。

【図4】本発明に係る液晶表示素子の実施例1を示す模式図である。

【図5】実施例1の構造を示す表図である。

【図6】実施例1の構造を示す模式図である。

【図7】実施例2の構成を示す表図である。

【図8】実施例2の光学特性の測定結果を示す表図である。

【図9】実施例2の光学特性の測定結果を示すグラフである。

【図10】実施例2の光学特性の測定結果を示すグラフである。

【図11】実施例3の構造を示す表図である。

18

【図12】実施例3の測定結果を示す表図である。

【図13】実施例3の測定結果を示すグラフである。

【図14】実施例3の測定結果を示すグラフである。

【図15】参考例の光学設計を示す表図である。

【図16】他の実施例を示す模式図である。

【図17】他の実施例を示す模式図である。

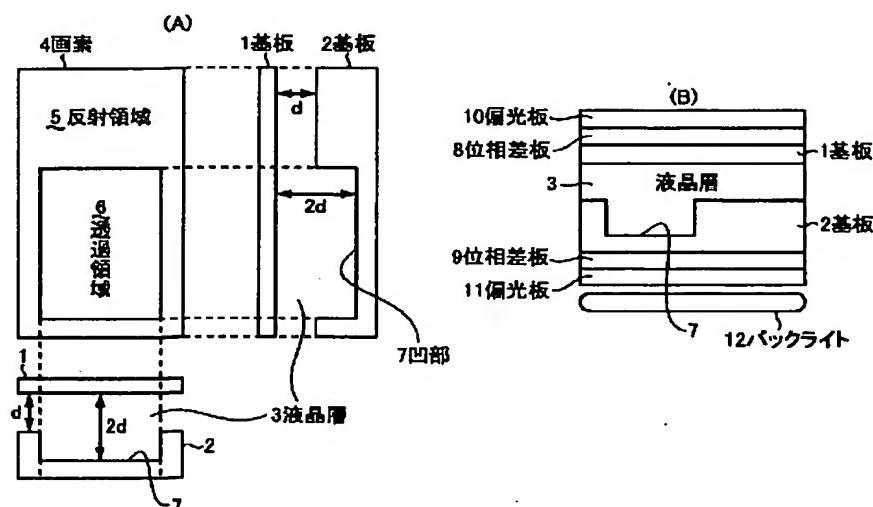
【図18】他の実施例を示す模式図である。

【図19】他の実施例を示す模式図である。

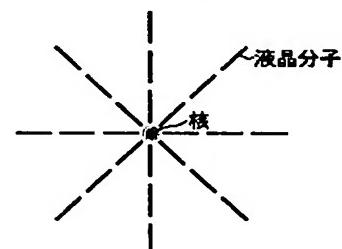
【符号の説明】

- 1 … 基板、2 … 基板、3 … 液晶層、4 … 画素、5 … 反射領域、6 … 透過領域、7 … 凹部、8 … 位相差板、9 … 位相差板、10 … 偏光板、11 … 偏光板、12 … バックライト

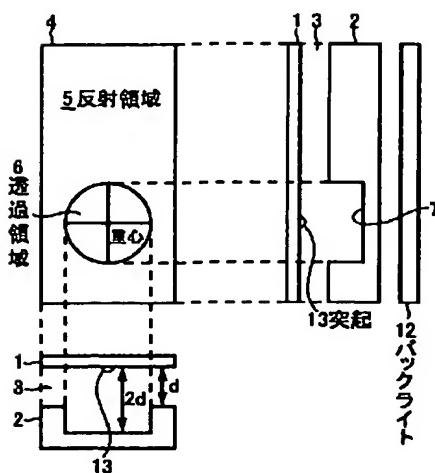
【図1】



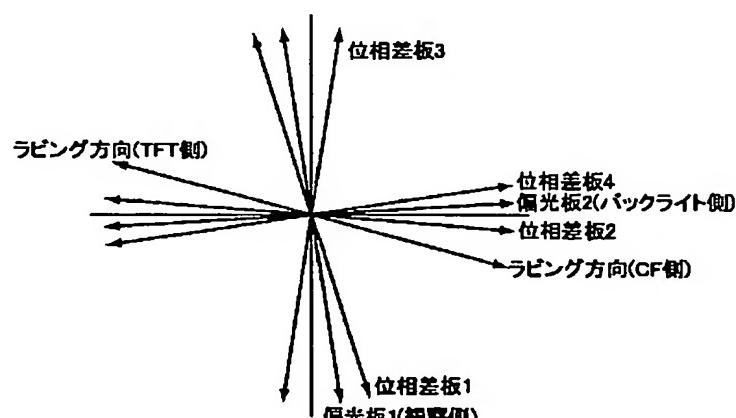
【図2】



【図3】

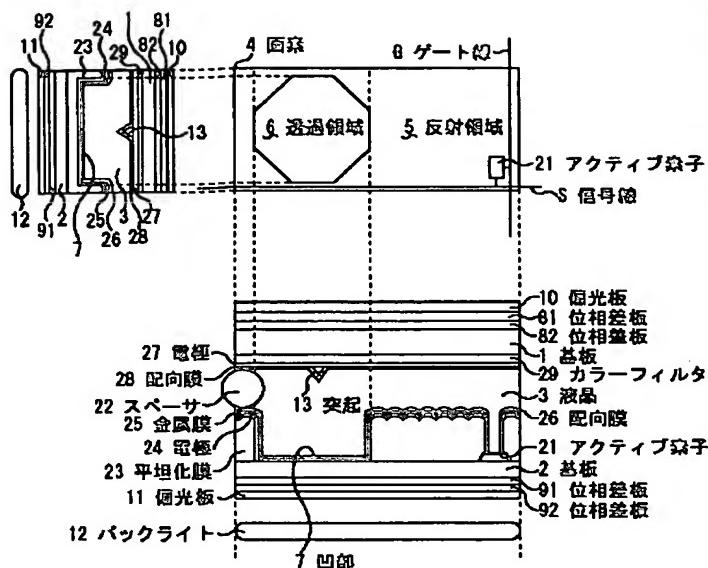


【図6】



(11)

[图4]

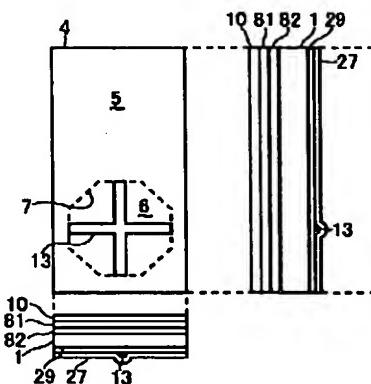


【図5】

[図7]

実施例2の条件		実施例2
偏光板(銀線側)	吸収軸	85°
位相差板1	位相差	270nm
	選相軸	100° ~ 120°
位相差板2	位相差	140nm
	選相軸	170°
垂直配向液晶	ラビング方向	150°
位相差板3	位相差	140nm
	選相軸	80°
位相差板4	位相差	270nm
	選相軸	20°
偏光板(BL側)	吸収軸	5°

〔図17〕



実施例1の構造

		実施例1
偏光板(銀鏡側)	吸収軸	95°
位相差板1	位相差	270nm
	選相軸	110°
位相差板2	位相差	140nm
	選相軸	170°
垂直配向液晶	ラピング方向	150°
位相差板3	位相差	140nm
	選相軸	80°
位相差板4	位相差	270nm
	選相軸	20°
偏光板(BL側)	吸収軸	5°

—— 偏光板(觀察側)

位相差板1

底圖

——位相黑板?

位相差微分

○ 傷光板(パックライト側)

透過チード測定結果

透過モード
透過率[%] コントラスト
20 150

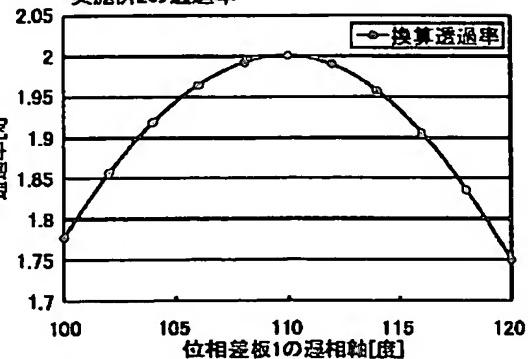
[図8]

[図9]

実施例2の測定結果

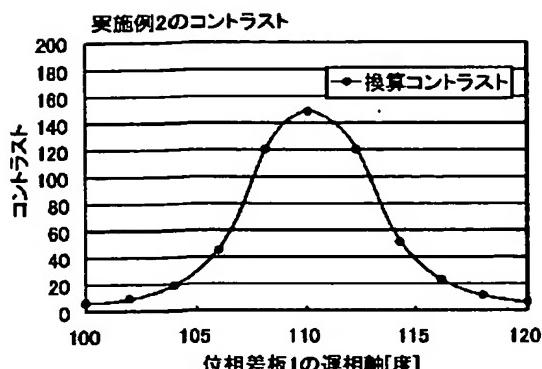
連邦軸(度)	換算透過率	換算コントラスト
100	1.786289257	7.54
102	1.864310258	12.09
104	1.925711448	21.88
106	1.969227319	49.41
108	1.994217107	120.00
110	2	150.00
112	1.986511922	120.00
114	1.954009179	49.11
116	1.903156563	21.65
118	1.834915219	11.91
120	1.750614733	7.39

実施例2の透過率



(12)

【図10】



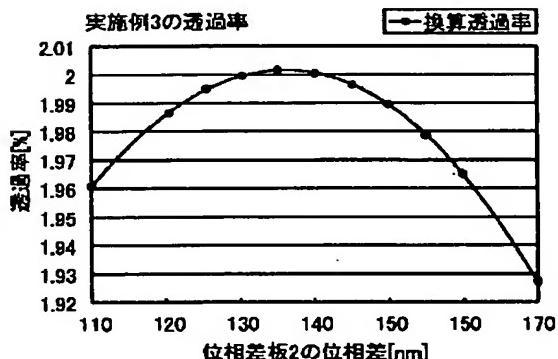
【図11】

実施例3の条件		実施例3
偏光板(観察側)	吸収軸	95°
位相差板1	位相差	270nm
	遅相軸	110°
位相差板2	位相差	110~170nm
	遅相軸	170°
垂直配向液晶	ラビング方向	150°
位相差板3	位相差	140nm
	遅相軸	80°
位相差板4	位相差	270nm
	遅相軸	20°
偏光板(BL側)	吸収軸	5°

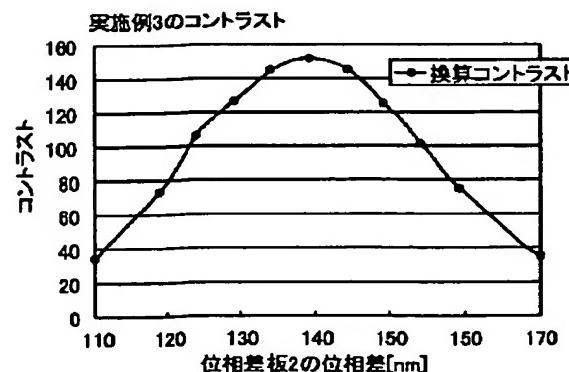
【図12】

実施例3の測定結果		
位相差 [nm]	換算透過率	換算コントラスト
110	1.960	33.0
120	1.986	73.6
125	1.994	105.0
130	1.999	123.0
135	2.001	145.0
140	2.000	150.0
145	1.995	145.0
150	1.988	123.5
155	1.977	99.0
160	1.963	72.6
170	1.925	32.4

【図13】



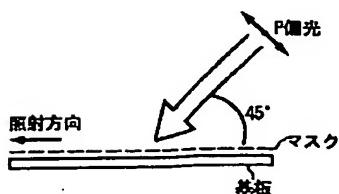
【図14】



【図15】

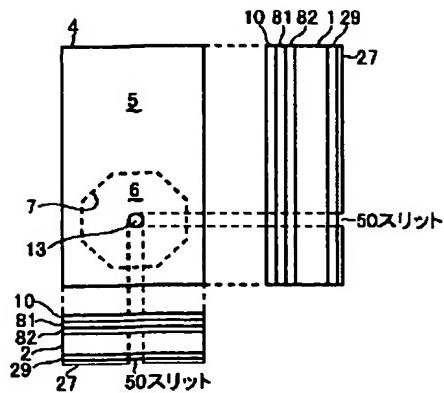
参考例の光学設計		ホモジニアス配向
偏光板(観察側)	吸収軸	160°
位相差板1	位相差	263nm
	遅相軸	175°
位相差板2	位相差	147nm
	遅相軸	55°
水平配向液晶	ラビング方向	150°
位相差板3	位相差	60nm
	遅相軸	60°
位相差板4	位相差	147nm
	遅相軸	145°
位相差板5	位相差	263nm
	遅相軸	85°
偏光板(バックライト側)	吸収軸	70°

【図16】

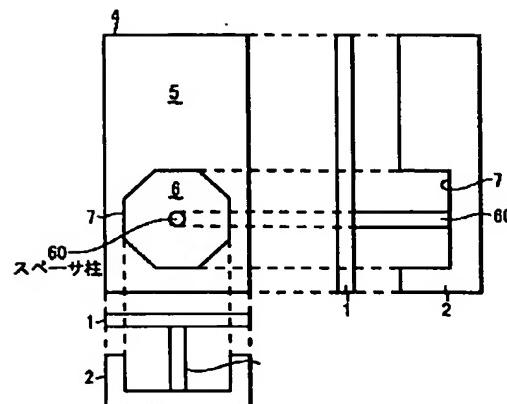


(13)

【図16】



【図18】



フロントページの続き

(72) 発明者 木田 芳利
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
一株式会社内

F ターム(参考) 2H049 BA02 BA06 BA07 BB03 BC22
2H090 HA07 HB07X JA03 JC03
JC17 KA04 LA04 LA06 LA09
LA15 LA16 MA01 MA13 MB02
MB03
2H091 FA11 FA16Y FB08 GA06
GA13 HA18 LA11 LA13 LA17
LA18

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-350853
 (43)Date of publication of application : 04.12.2002

(51)Int.CI.
 G02F 1/13363
 G02B 5/30
 G02F 1/1337

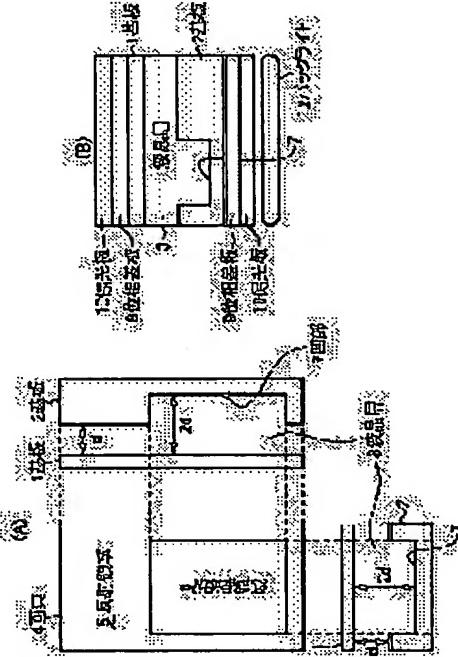
(21)Application number : 2001-158527
 (22)Date of filing : 28.05.2001
 (71)Applicant : SONY CORP
 (72)Inventor : CHISAKI MAKOTO
 YAMAGUCHI HIDEMASA
 KIDA YOSHITOSHI

(54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a liquid crystal display element of reflection and transmission joining type which shows high contrast and high transmittivity in a transmission display mode and further reconciles high contrast with high reflectivity even in a reflection display mode.

SOLUTION: The liquid crystal display element has a light-transmissive first substrate 1, a second substrate 2 which contains a reflection region 5 and a transmission region 6 and on which a pixel 4 is formed and liquid crystal 3 held by the first substrate 1 and the second substrate 2 joined to each other via a clearance. The liquid crystal 3 is aligned perpendicularly to the substrates 1, 2 in a voltage unapplied state. A pair of retardation films 8, 9 are arranged so as to hold the perpendicularly aligned liquid crystal 3 therebetween. A pair of retardation films 8, 9 have phase characteristics symmetrical to each other over a wavelength band of a visible region. More specifically, a pair of retardation films 8, 9 have lagging axes crossing each other and a crossing angle is set in a range of $90^\circ \pm 10^\circ$. Relative deviation of phase difference between a pair of retardation films 8, 9 is restrained within ± 30 nm.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.03.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The first substrate which can penetrate light The second substrate with which a pixel including a reflective field and a transparency field was formed Liquid crystal held at the first substrate and the second substrate which were joined through a gap It is the liquid crystal display element equipped with the above, a phase contrast board of a pair is arranged so that liquid crystal which is carrying out orientation of said liquid crystal perpendicularly to a substrate in the state of no voltage impressing, and carried out orientation to this perpendicular may be inserted, and a phase contrast board of said pair is characterized by having a symmetrical phase characteristic mutually over a wavelength range of a visible region.

[Claim 2] A phase contrast board of said pair is a liquid crystal display element according to claim 1 characterized by for

a lagging axis crossing mutually and setting the crossed axes angle as 90-degree range in which it is **10 degrees.

[Claim 3] A phase contrast board of said pair is a liquid crystal display element according to claim 1 characterized by controlling relative gap of phase contrast within **30nm.

[Claim 4] Said liquid crystal is a liquid crystal display element according to claim 1 characterized by being set as two times of thickness of a portion which has the thickness of a portion in this transparency field in this reflective field.

[Claim 5] A liquid crystal display element according to claim 1 characterized by at least one of the two of said first substrate and the second substrate having a level difference in order to change thickness of liquid crystal in this transparency field and this reflective field.

[Claim 6] Said level difference is a liquid crystal display element according to claim 5 characterized by consisting of a crevice which removed alternatively an insulator layer formed at least in one of the two of this first substrate and the second substrate, and formed it from this transparency field.

[Claim 7] Said liquid crystal is a liquid crystal display element according to claim 6 which orientation control is carried out using this crevice, and is characterized by switching from perpendicular orientation to multiaxial

orientation according to voltage impression.

[Claim 8] Said crevice is a liquid crystal display element according to claim 6 characterized by having point symmetry nature to the geometric center.

[Claim 9] Said liquid crystal is a liquid crystal display element according to claim 1 characterized by adding a chiral agent and changing from perpendicular orientation to twist orientation according to voltage impression.

[Claim 10] Said liquid crystal is a liquid crystal display element according to claim 1 characterized by a portion in a reflective field carrying out uniaxial orientation while a portion which is in a transparency field according to voltage impression carries out multiaxial orientation.

[Claim 11] Said liquid crystal is a liquid crystal display element according to claim 10 characterized by being controlled by multiaxial orientation using an electrode slit or a pillar-shaped object formed in this transparency field.

[Claim 12] Said pillar-shaped object is a liquid crystal display element according to claim 11 characterized by serving as a role of a spacer which regulates a gap of this first substrate and the second substrate uniformly.

[Claim 13] It is the liquid crystal display element according to claim 1 characterized by not performing rubbing processing, as for said transparency field

while rubbing processing is performed, in order that said reflective field may carry out uniaxial orientation of this liquid crystal.

[Claim 14] A liquid crystal display element according to claim 1 characterized by making a surface state produce a difference in this transparency field and this reflective field, having, and making an orientation condition of liquid crystal change in this transparency field and this reflective field with selective irradiation of ultraviolet rays.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the liquid crystal display element currently broadly used for a notebook computer, a personal digital assistant, pocket mold VTR equipment, a digital still camera, etc. Also in a liquid crystal display element, it is invention about the liquid crystal display element which has the function of a reflective mold and a transparency mold. Having reflection and a transparency function means that it is the liquid crystal display element which is excellent in visibility also on indoor and the outdoors. Therefore, it is effective in liquid crystal display elements, such as a personal digital assistant, Carrying VTR, and a digital still camera.

[0002]

[Description of the Prior Art] Various things as a flat display which can become irregular with an electrical signal and can rewrite the contents of a display are developed and produced. In recent years, as a spontaneous light type display device with prosperous research and development, OLED (Organic Light Emitting Diode), a plasma display, and FED (Field EmissionDisplay) are mentioned.

[0003] Indoors, since brightness is bright as compared with a liquid crystal display, such a spontaneous light type display is excellent in visibility. However, the direction of outdoor environment sometimes becomes bright plentifully rather than the brightness of the display which carries out spontaneous light on the outdoors. Under such environment, the visibility of a spontaneous light display device gets remarkably bad.

[0004] Moreover, a spontaneous light type display has the current which a drive takes, and the orientation for voltage to become comparatively large and for power consumption to become large. If power consumption becomes large, it is not suitable for display devices, such as personal digital assistants, such as a cellular phone, and Carrying VTR, a digital still camera.

[0005] On the other hand, since a reflective mold liquid crystal display does not emit light but itself displays it using

outdoor daylight, visibility does not worsen under outdoor environment bright enough, rather, brightness increases and visibility becomes good. Moreover, since there is nothing **** about a back light unlike a transparency mold liquid crystal display, the power consumption of a reflective mold liquid crystal display is also small the optimal to the display device of portable equipment.

[0006] However, although a reflective mold liquid crystal display is excellent in the visibility under bright environment outdoors, when night comes and it becomes dark environment, since light is not emitted, naturally it becomes dark and visibility also worsens. Since the brightness of circumference environment is reflected in the brightness of a display as it is, a reflective mold liquid crystal display has it. [natural]

[0007] Then, the display device which is indoors excellent in visibility under any environment also on the outdoors as a display of a personal digital assistant etc. will be called for. As one of the display devices for attaining such a purpose, the liquid crystal display of a transparency reflective concomitant use mold is mentioned. Generally this transparency reflective concomitant use mold liquid crystal display is realized by the following two methods.

[0008] It seems that blindness in one eye is in JP,59-218483,A. This is arranging

the semi-permeable reflective film which consists of a thin metal membrane between a back light and a liquid crystal layer, and is the technique of serving both as transparency and reflective mode. However, theoretically, this mode can be compatible the transparent mode and reflective mode, and cannot optimize [mode]. That is, in order to use the same liquid crystal layer in the transparent mode and reflective mode, if the optical design which gave priority to the transparent mode is performed, the visibility in reflective mode will fall, and if the optical design of reflective mode priority is performed, the optical property at the time of transparency will worsen.

[0009] The 2nd is in JP,11-242226,A. This is dividing the reflective section and the transparency section within pixel area, and has realized reflective transparency concomitant use mode. Moreover, as the orientation condition of the liquid crystal of the transparency section and the reflective section is differed, the work which it may be about a good optical property at the reflection and transparency time is carried out.

[0010] Specifically, the thickness of the liquid crystal layer of the reflective section in a pixel and the transparency section is changed and optimized. That is, the reflective transparency section has attained a high reflection factor, permeability, and high contrast by setting the phase contrast at the time of the

voltage ON in the wavelength of a visible region, and talent FU as the transparency section $\lambda / 2$, and reflective section $\lambda / 4$. That is, thickness of the liquid crystal of the transparency section is made into the two times of the thickness of the liquid crystal of the reflective section.

[0011] In Japanese Patent Application No. No. 359036 [nine to], and Japanese Patent Application No. No. 364247 [ten to], the guest host type which doped ** dichroism coloring matter as liquid crystal mode, ** twist orientation mode, ** homogeneous orientation mode, etc. are introduced. Emphasis is put on distinguishing between the thickness of a liquid crystal layer in a transparency field and a reflective field.

[0012]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Here, artificers inquired by changing the thickness of the liquid crystal layer of a transparency field and a reflective field, and making the panel in the liquid crystal mode of ***** as an experiment, respectively. ** considered to be the closest to especially practical use was examined in details.

[0013] ** It evaluated by producing the reflective transparency concomitant use mold liquid crystal device using guest host mode. Consequently, in order not to use a polarizing plate, it has checked that a reflection factor and permeability were high. However, since 2 color ratio of

dichroic coloring matter was not enough, black level could not fully sink but it turned out that contrast is insufficient.

[0014] ** It evaluated by creating a panel with the application of twist orientation mode for the reflective transparency mold concomitant use liquid crystal display element. When twist orientation processing was performed as a result, it turned out that control of the orientation of the liquid crystal in the boundary of a transparency field and a reflective field is difficult.

[0015] ** The homogeneous mode was evaluated. A liquid crystal molecule carries out orientation of the homogeneous mode to a horizontal (parallel) to a substrate. The direction of liquid crystal orientation in a field is controlled by rubbing processing etc. by the one direction in many cases. The direction of up-and-down rubbing has become in the antiparallel direction. When the level mode was used and a level difference is in the transparency section and the reflective section, there is an advantage from which a retardation is correctly obtained in proportion to the difference. That is, the difference of a retardation will also become half if thickness of the liquid crystal layer of the reflective section is made into the one half of the transparency section. In addition, a dielectric constant anisotropy uses a positive liquid crystal material for the level mode.

[0016] About the panel which carried out the optical design of the reflective transparency concomitant use mold type to which level orientation of the liquid crystal was carried out so that it might become no MARI White mode, this invention persons have recognized that there is a defect as shown below, as a result of repeating prototype examination.

[0017] In the level mode, even if it impressed the ON state voltage of 5V to the liquid crystal panel, liquid crystal did not stand perpendicularly completely, but it became clear that a retardation remains. The retardation which remains is about 60mm.

[0018] Improvement in contrast can be aimed at by inserting a phase contrast board equivalent to the retardation which remains in order to lower black level between polarizing plates. However, the retardation which remains is not fixed depending on cel thickness. Moreover, a phase contrast board is [centrifugal processing is carried out, polymer is produced and / variation] in a retardation value and is not fixed, either. Therefore, it is very difficult for both to negate each other completely.

[0019] Moreover, the wavelength dispersion of the refractive index of a liquid crystal material and wavelength dispersion of a phase contrast board cannot become equivalent completely.

[0020] In the level mode, artificers concluded that it was very difficult to

acquire high contrast from these reasons. [0021] Even if high contrast is acquired, it will cause the increase of cost that one phase contrast board is needed in order to display black. The manufacture process becomes delicate and the cost of the small phase contrast board of several 10mm in especially phase contrast is also high.

[0022] Next, it evaluated also about the angle of visibility. Orientation bearing of liquid crystal is controlled by rubbing processing etc. for level orientation mode by the one direction. Therefore, the direction where a liquid crystal molecule rises is an one direction.

[0023] If it sees from the direction where a liquid crystal molecule rises, the retardation of liquid crystal will become large. However, if it observes from the hard flow (180-degree rotation) of the bearing, the retardation of liquid crystal will become small. Thus, effectual retardations will differ greatly towards observing the uniaxial orientation mode in which a liquid crystal molecule inclines only in an one direction by electric field.

[0024] It cannot be overemphasized that the difference in the retardation in the direction to observe produces the difference in the "drawing" by the direction to see. That is, if the viewing-angle dependency of a retardation is large, naturally the angle-of-visibility property of the visibility of a panel will also worsen. Artificers checked that the

angle-of-visibility property in the level mode was very bad theoretically also in the experiment. The principle is from the reason explained above. Thus, artificers have recognized it as the level mode not being suitable for a reflective transparency mold liquid crystal display element.

[0025] The technical problem which it is going to solve by this invention is high contrast and high permeability being shown in a transparency display mode, and reconciling high contrast and a high reflection factor also in a reflective display mode about a reflective transparency concomitant use mold liquid crystal display element. Moreover, it is reconciling a wide-field-of-view angle in transparent mode reflective mode both.

[0026]

[Means for Solving the Problem] The following means were provided in order to solve a technical problem mentioned above. Namely, the first substrate with which this invention can penetrate light and the second substrate with which a pixel including a reflective field and a transparency field was formed, It is the liquid crystal display element which has liquid crystal held at the first substrate and the second substrate which were joined through a gap. Said liquid crystal A phase contrast board of a pair is arranged so that liquid crystal which is carrying out orientation perpendicularly to a substrate in the state of no voltage

impressing and which carried out orientation to this perpendicular may be inserted, and a phase contrast board of said pair is characterized by having a symmetrical phase characteristic mutually over a wavelength range of a visible region. A lagging axis crosses mutually and, specifically, as for a phase contrast board of said pair, the crossed axes angle is set as 90-degree range in which it is **10 degrees. Moreover, gap with phase contrast relative [a phase contrast board of said pair] is controlled within **30nm.

[0027] Preferably, said liquid crystal is set as two times of thickness of a portion which has the thickness of a portion in this transparency field in this reflective field. For example, at least one of the two of said first substrate and the second substrate has a level difference, in order to change thickness of liquid crystal in this transparency field and this reflective field. In this case, said level difference consists of a crevice which removed alternatively an insulator layer formed at least in one of the two of this first substrate and the second substrate, and formed it from this transparency field. Orientation control is carried out using this crevice, and said liquid crystal switches from perpendicular orientation to multiaxial orientation according to voltage impression. Said crevice has point symmetry nature to the geometric center.

[0028] Preferably, a chiral agent is added

and said liquid crystal changes from perpendicular orientation to twist orientation according to voltage impression. Moreover, while a portion which is in a transparency field according to voltage impression carries out multiaxial orientation of said liquid crystal, a portion in a reflective field carries out uniaxial orientation of it. Moreover, said liquid crystal is controlled by multiaxial orientation using an electrode slit or a pillar-shaped object formed in this transparency field. For example, said pillar-shaped object serves as a role of a spacer which regulates a gap of this first substrate and the second substrate uniformly. Preferably, as for said transparency field, rubbing processing is not performed while rubbing processing is performed, in order that said reflective field may carry out uniaxial orientation of this liquid crystal. It is good to make a surface state produce a difference in this transparency field and this reflective field depending on the case, to have, and to make an orientation condition of liquid crystal change in this transparency field and this reflective field with selective irradiation of ultraviolet rays.

[0029] Artificers concluded that perpendicular orientation mode a liquid crystal molecule carries out [mode] orientation perpendicularly to a substrate was the optimal like this invention, as a result of examining

various liquid crystal modes as a means to solve a technical problem mentioned above. A dielectric constant anisotropy has the feature which intersects perpendicularly to the direction of a major axis of liquid crystal to a thing with a refractive index anisotropy parallel [a liquid crystal material used for this mode] to the direction of a major axis of liquid crystal. By optimizing the feature and an optical design of this perpendicular orientation, it turned out that high contrast, high permeability / high reflection factor, and a wide-field-of-view angle are acquired by both reflective display and transparency display. The layout method and principle are as above-mentioned. That is, it is important that a phase contrast board of a pair which sandwiches a liquid crystal panel in perpendicular orientation mode has a symmetrical phase characteristic mutually over a wavelength range of a visible region. A lagging axis crosses mutually and, specifically, as for a phase contrast board of a pair, the crossed axes angle is set as 90-degree range in which it is **10 degrees. Moreover, gap with phase contrast relative [a phase contrast board of a pair] is controlled within **30nm.

[0030] It is desirable to perform a display in transparency and reflective mode by acquiring the cellular structure which made thickness of a liquid crystal layer of a transparency field especially twice [about] thickness of a liquid crystal

layer of a reflective field using perpendicular orientation. Since liquid crystal is carrying out perpendicular orientation of the time of electric field OFF, there is no retardation. At the time of electric field ON, since liquid crystal inclines, a retardation occurs. A level difference of cel thickness, a reflective field, and a transparency field is designed so that it may become $\lambda/2$ in a transparency field and may become $\lambda/4$ in a reflective field about a retardation value at this time.

[0031]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of this invention is explained to details with reference to a drawing. Drawing 1 is the mimetic diagram showing the fundamental configuration of the liquid crystal display element concerning this invention, (A) is orthogonal views and (B) is a cross section. As shown in drawing 1, the liquid crystal display element concerning this invention has the first substrate 1 which can penetrate light, the second substrate 2 with which the pixel 4 including the reflective field 5 and the transparency field 6 was formed, and the liquid crystal 3 held at the first substrate 1 and the second substrate 2 which were joined through the gap. Orientation of said liquid crystal 3 is perpendicularly carried out to substrates 1 and 2 in the state of no voltage impressing. The phase contrast boards 8 and 9 of a pair are

arranged so that the liquid crystal 3 which carried out orientation to this perpendicular may be inserted. In addition, the polarizing plates 10 and 11 of a pair are further arranged on the outside. In addition, the back light 12 is arranged on the outside of a polarizing plate 11. Here, the phase contrast boards 8 and 9 of said pair are characterized by having a symmetrical phase characteristic mutually over the wavelength range of a visible region. The lagging axis crosses mutually and, specifically, as for the phase contrast boards 8 and 9 of said pair, the crossed axes angle is set as 90-degree range in which it is **10 degrees. Moreover, gap with phase contrast relative [the phase contrast boards 8 and 9 of said pair] is controlled within **30nm.

[0032] Preferably, said liquid crystal 3 is set as the two times of thickness d of the portion which has the thickness of 2d of the portion in this transparency field 6 in this reflective field 5. For example, at least one of the two of said first substrate 1 and the second substrate 2 has the level difference, in order to change the thickness of liquid crystal 3 in this transparency field 6 and this reflective field 5. In this case, said level difference consists of a crevice 7 which removed alternatively the insulator layer formed at least in one of the two of this first substrate 1 and the second substrate 2, and formed it from this transparency

field 6. Orientation control is carried out using this crevice 7, and said liquid crystal 3 switches from perpendicular orientation to multiaxial orientation according to voltage impression. Said crevice 7 has point symmetry nature to the geometric center.

[0033] Preferably, the chiral agent is added and said liquid crystal 3 changes from perpendicular orientation to twist orientation according to voltage impression. Moreover, while the portion which is in the transparency field 6 according to voltage impression carries out multiaxial orientation of said liquid crystal 3, the portion in the reflective field 5 carries out uniaxial orientation of it. For example, said liquid crystal 3 is controllable to multiaxial orientation using the electrode slit or pillar-shaped object formed in this transparency field 6. In this case, said pillar-shaped object can serve as the role of the spacer which regulates uniformly the gap of this first substrate 1 and the second substrate 2. Preferably, as for said transparency field 6, rubbing processing is not performed while rubbing processing is performed, in order that said reflective field 5 may carry out uniaxial orientation of this liquid crystal 3. It is good to make a surface state produce a difference in this transparency field 6 and this reflective field 5 depending on the case, to have, and to make the orientation condition of liquid crystal change in this transparency

field 6 and this reflective field 5 with selective irradiation of ultraviolet rays.

[0034] As shown in (B), in order to acquire high contrast in reflective mode, the method of using broadband lambda / 4 board is effective as a phase contrast board 8. It is the method of losing the retardation of the liquid crystal layer 3 and displaying black only with a polarizing plate 10 and broadband lambda / 4 board 8. lambda/4 board 8 fulfills lambda/4 conditions in a broadband. Since it reflects in the reflective field of a substrate 2 and incident light passes 2 times lambda / 4 board 8, 90 degrees of linearly polarized lights will rotate it. That is, outgoing radiation of the linearly polarized light which entered from the polarizing plate 10 will be carried out at all, and its black level can be depressed, and it can acquire high contrast. Artificers judged that it was effective to use this method. That is, it considered as the structure which arranges a polarizing plate 10 and lambda/4 board 8 at the front-face side of a liquid crystal display element. The liquid crystal layer 3 is perpendicular orientation. Since the liquid crystal molecule is carrying out perpendicular orientation of the perpendicular orientation at the time of electric-field OFF, there is no retardation. Therefore, reflective mode is NOMA reeve rack mode.

[0035] When reflective mode is designed in NOMA reeve rack mode, naturally it is

necessary to design the transparent mode in NOMA reeve rack mode similarly. The following thing is needed in order to make the transparent mode into NOMA reeve rack mode. Similarly the transparent mode shows the configuration method of an effective polarizing plate and a phase contrast board to (B) of drawing 1. It is required to arrange a phase contrast board with the same optical effect as the phase contrast board 9 which rotates 90 degrees, and arranges lambda/4 board 8 arranged on the panel surface and the completely equivalent phase contrast board 9 to a back-of-panel side, or is obtained by 90 degrees rotating. This becomes clear from analyzing the propagation condition of the outgoing radiation light from a back light 12 in the structure shown in (B) of drawing 1.

[0036] Propagation of the light in the transparency field 6 is analyzed. The light which came out of the back light 12 is changed into the linearly polarized light by the polarizing plate 11. Next, it is changed into the circular polarization of light by lambda / 4 phase-contrast board 9 on the back. Next, when passing the liquid crystal layer 3, since liquid crystal is carrying out perpendicular orientation, there is no phase contrast and a polarization condition does not change. Next, the phase contrast board 8 by the side of the surface which 90 degrees of opticals axis rotated to the phase contrast

board 9 is passed. At this time, the circular polarization of light is changed into the linearly polarized light, and that polarization direction takes the completely same direction as the time of passing a polarizing plate 11. Since the polarizing plate 11 and the polarizing plate 10 lie at right angles, light does not penetrate a polarizing plate 10 but shows black. The black level at this time is equivalent to the time of carrying out crossing Nicol's prism arrangement of the polarizing plate, the transmitted light reinforcement of black level is very small, and high contrast can be easily acquired at the time of the transparent mode.

[0037] In addition, even if it makes the phase contrast boards 8 and 9 of a pair, and the polarizing plates 10 and 11 of a pair into parallel, without making 90 degrees intersect perpendicularly respectively as mentioned above, a drive with NOMA reeve rack mode is possible. The principle is two lambda / 4 phase-contrast boards, is forming lambda/2 board, and can be realized by rotating 90 degrees of linearly polarized lights which carried out incidence.

However, it is very difficult to fill lambda/2 conditions with two phase contrast boards in a visible region wavelength field. The way made to intersect perpendicularly as mentioned above can acquire a dark condition easily rather than arranging in parallel.

[0038] When rectangular arrangement of

the phase contrast board of a pair is carried out, lambda / 4 phase-contrast board 8, and the lambda / 4 phase-contrast board 9 need to have completely equivalent phase contrast in the wavelength range of a visible region. It is that lambda / 4 phase-contrast board 8, and the lambda / 4 phase-contrast board 9 negate each other in the light of all wavelength, and is because black is displayed.

[0039] Since lambda / 4 phase-contrast board 8 by the side of the surface are used also in reflective mode, it is required to be lambda/4 board of a broadband. But the configuration of an ideal phase contrast board is structure shown below. That is, it is the optical axis of having lambda/4 of phase contrast, and the lambda / 4 phase-contrast boards 8 and 9 forming lambda / 4 phase-contrast boards 8 and 9, and arranging the angle of 90 degrees.

[the whole visible region wavelength]

[0040] Even if lambda / 4 phase-contrast boards 8 and 9 may be optically uniaxial phase contrast boards and are optically biaxial phase contrast boards, they are not cared about. However, it is required to fulfill the above Nijo affairs about the phase contrast within a field.

[0041] In order to extend an angle of visibility, the refractive-index anisotropy other than lambda / 4 phase-contrast boards 8 and 9 may arrange the phase contrast board which is negative.

However, it is required to fulfill the above

conditions similarly about the phase contrast within a field.

[0042] In addition, in the transparency field 6, if voltage is impressed, liquid crystal 3 will shift to multiaxial orientation from perpendicular orientation, and will function as lambda / a 2 phase-contrast board. Therefore, 90 degrees rotates, and the incidence linearly polarized light turns into the outgoing radiation linearly polarized light, and passes the polarizing plate 10 by the side of the surface. Therefore, a white display is obtained. Moreover, in the reflective field 5, if voltage is impressed, liquid crystal 3 will shift to uniaxial orientation from perpendicular orientation, and will function as lambda / a 4 phase-contrast board. Since light goes in a reflective field, after all, liquid crystal 3 becomes lambda / 2 phase-contrast board, and equivalence both ways as well as a transparency field, and 90 degrees rotates, the incidence linearly polarized light turns into the outgoing radiation linearly polarized light, and it passes the polarizing plate 10 by the side of the surface. Therefore, a white display is obtained. It is set as the two times of the thickness of the portion which has the thickness of the portion which liquid crystal 3 has in the transparency field 6 like mentioned above in the reflective field 5, and according to voltage impression, it functions as lambda / a 2 phase-contrast

board, and functions as lambda / a 4 phase-contrast board according to voltage impression in the reflective field 5 in the transparency field 6.

[0043] Especially artificers examined the effective liquid crystal orientation method, in order to extend the angle-of-visibility property at the time of transparency. Consequently, as shown in drawing 2, perpendicular orientation is taken in electric-field the condition of not impressing, electric field are impressed, and a liquid crystal molecule is made to incline. It turned out that the inclination direction is equally distributed in 360-degree side, and an angle of visibility can be sharply expanded by considering as the so-called radiation orientation or multiaxial orientation. The angle of visibility in both the modes can be raised by leaps and bounds by controlling the orientation of the reflective section and the transparency section in this way. It checked that the thing of an effect which described especially the orientation of the transparency section above and to control like was larger than the reflective section. Even if the reflective section has the uniform inclination direction, it is because wide-field-of-view cornification is possible in installing a dispersion reflecting plate etc.

[0044] It has already inquired, for example, the technology which controls the direction of orientation of liquid crystal in the various directions is Y.Toko.

et.A1., SID'93 Digest of There are Tech.Papers and 24 (1993) 622. In TN mode, it is the technology characterized by giving distribution in the direction of orientation of liquid crystal by not performing rubbing processing.

[0045] It also sets to perpendicular orientation and is T.Yamamoto as same technology. et.A1., SID'91 Digest of Tech.Papers, 22 (1991) 1081, etc. are reported. This technology raises an angle of visibility by making a liquid crystal molecule incline in a radial using electric field.

[0046] The technology of raising permeability is reported improving an angle of visibility by distributing 360 degrees of orientation bearings of liquid crystal in all the directions in perpendicular orientation mode. Y. Iwamoto.et.al SID'00 Digest of It is Tech.Papers and 31 (2000) 902. By this report, permeability is raised by arranging lambda/4 board before and after a polarizing plate, making an angle of visibility large by distributing the direction of liquid crystal orientation over a radial by electric field. A principle is because permeability stops being dependent on orientation bearing of liquid crystal by introducing lambda/4 board. There is the feature which light penetrates also in the field as for which liquid crystal carried out orientation to coincidence in the same direction as a polarizing plate.

[0047] Also in this invention, lambda/4 board needs to be arranged in a transparency viewing area. Therefore, Y.Iwamoto.et.al mentioned above SID'00 Digest of It is possible to combine Tech.Papers and the technology of 31 (2000) 902. That is, it is possible for it to be compatible in improvement in an angle of visibility and high permeability by distributing the orientation condition of the liquid crystal molecule of a transparency field in the direction of all by a certain method.

[0048] In addition, there is no need of making 360-degree bearing distributing the direction of orientation of liquid crystal, and the same effect is acquired even if it generally divides into multiple spindles, such as a 2-way, three directions, and four directions.

[0049] Various methods can be proposed as a method of making the liquid crystal molecule of a transparency viewing area inclining in all the directions at the time of electric-field ON. It is the way that artificers think especially that it is effective prepares a level difference in the reflective section and the transparency section, and it introduces structure like a slot also in it. As for this structure, it is desirable to fulfill the conditions which set the thickness of the liquid crystal in a transparency field as coincidence at the two times of the thickness of the liquid crystal in a reflective field.

[0050] Structure like drawing 3 can be

considered as concrete structure. In addition, in order to make an understanding easy, the corresponding number is given to the operation gestalt shown in drawing 1, and the corresponding portion. As for the configuration of a crevice 7, in the case of this operation gestalt, it is desirable to have symmetric property to the center of gravity of the transparency section 6. That is because it is easy to control orientation bearing of liquid crystal 3 to a radial toward a center from a center of gravity. Therefore, the crevice 7 which consists of a slot shown in drawing 3 is formed. When there is a crevice 7, since orientation of the liquid crystal molecule is met and carried out to the tilt angle of the slot, it is the best for the control for making a radial incline at the time of electric-field impression.

[0051] It is desirable to arrange a nucleus which carries out induction of the orientation of a radial at the time of electric-field ON in the location of the transparency section 6 which is mostly equivalent to a center of gravity. Whichever holding liquid crystal of a substrate may have nuclear arrangement. What carried out pattern NINGU of the electrode and removed it as a nucleus, and the thing which produced the projection 13 at the FOTORISO production process with the flattening film etc. like illustration may be used. In addition, when producing a nucleus with

a projection, it is also possible to serve as spacer ability for the projection to hold between two substrates 1 and 2.

[0052] It is clear from the following examples that a wide-field-of-view angle and high permeability are realizable in the transparent mode by performing orientation control of the liquid crystal in the transparency field of the reflective transparency concomitant use mold liquid crystal device which artificers propose as mentioned above.

[0053] The panel cross-section structure of an example 1 is first shown in drawing 4. In addition, in order to make an understanding easy, the corresponding number is given to the operation gestalt shown in drawing 1, and the corresponding portion. This liquid crystal display element consists of two sheets, the color filter substrate 1 and the TFT (Thin Film Transistor) substrate 2. The structure crowded on both sides of liquid crystal 3 through a spacer 22 is taken between two substrates 1 and 2.

[0054] The TFT element 21 for carrying out the active drive of the pixel 4 is formed in the TFT substrate 2. Moreover, the gate line G and signal line S linked to the TFT element 21 are formed. Patterning of the photopolymer transparent as a flattening layer 23 is carried out on TFT21. The thickness of the flattening film 23 is about 2.0 micrometers. Pattern NINGU of the flattening film 23 is carried out so that it

may not remain in the transparency field 6. The transparency field 6 has the crevice 7 which takes the configuration of a positive octagon. On the flattening film 23, ITO which is a transparent electrode 24 is formed throughout the pixel.

Structure with the light-scattering effect of concavo-convex structure is formed in the reflective field 5 of the pixel on a transparent electrode 24 by pattern NINGU with the photopolymer. In the reflective field 5, the aluminum metal membrane 25 which serves both as an electrode and a reflecting plate is formed on concavo-convex structure. With the pixel structure by the side of this TFT, patterning of the drain electrode of a transistor, and ITO and aluminum is carried out so that it may become the structure where contact is taken physically.

[0055] The color filter 29 of red (R), green (G), and blue (B) is formed in the color filter (CF) substrate 1 in the shape of a SUTORA life. On the color filter 29, the transparent electrode 27 of 100mm thickness is formed by ITO. The conic projection 13 was formed on ITO at the CF side substrate 1. Creation of projection 13 made the photopolymer from photolithography processing, and was crowded. By using a photosensitive material as a spin coat, after carrying out exposure development, it considered as the structure near a cone by mid baking at 180 degrees C. The magnitude of

projection 13 set height to 1.5 micrometers in the radius of 5 micrometers. When it piles up, the projection 13 has been arranged so that it may be located at the center of the transparency field 6 of the octagon of the TFT substrate 2.

[0056] the TFT substrate 2 and the CF substrate 1 -- the perpendicular orientation films 26 and 28 -- an orientation agent -- a film is produced by the 50mm printing method by JALS-2021 (JSR, Inc.). Then, it heat-treats by O 1 BUN for 180-degree-C 1 hour. When the TFT substrate 2 and the CF substrate 1 pile up after heat treatment, rubbing processing of the orientation films 26 and 28 is performed in the bearing in which each other direction of rubbing becomes antiparallel.

[0057] Electric conduction agent application for common electrode connection was performed to the TFT substrate 2 which performed rubbing processing, and the 2.0-micrometer acrylic spacer 22 was sprinkled. The sealant was applied to the CF substrate 1. The TFT substrate 2 and the CF substrate 1 are piled up, and it is left for 2 hours and made to paste up at 13.3Pa and 120 degrees C. After superposition, the thickness of the transparency section 6 checked [4.0 micrometers and the reflective section 5] that it was 2.0 micrometers.

[0058] Liquid crystal 3 is poured into an

empty panel by the vacuum impregnation method. The poured-in liquid crystal 3 is a liquid crystal material negative in a dielectric constant anisotropy. A dielectric constant anisotropy ($\Delta\epsilon$) is -5.5. A refractive-index anisotropy (Δn) is 0.08.

[0059] Then, the phase contrast board and the polarizing plate were stuck on the panel. It has a laminated structure which piled up a polarizing plate 10 (observation side), the phase contrast board 81, the phase contrast board 82, the liquid crystal layer 3, the phase contrast board 91, the phase contrast board 92, and the polarizing plate 11 (back light side) sequentially from the top. $\lambda/4$ wavelength plate consists of the phase contrast boards 81 and the phase contrast boards 82 which are located in an observation side. Moreover, other $\lambda/4$ wavelength plates consist of phase contrast boards 91 and 92 by the side of a back light.

[0060] Drawing 5 makes a table panel structure of the example 1 shown in drawing 4, and expresses it typically. The liquid crystal display element concerning an example 1 has a laminated structure which piled up a polarizing plate (observation side), the phase contrast board 1, the phase contrast board 2, the liquid crystal layer, the phase contrast board 3, the phase contrast board 4, and the polarizing plate (back light side) sequentially from the top so that it may

illustrate. $\lambda/4$ wavelength plate consists of the phase contrast boards 1 and the phase contrast boards 2 which are located in an observation side. Moreover, other $\lambda/4$ wavelength plates consist of phase contrast boards 3 and 4 by the side of a back light. The phase contrast board 1 by the side of observation and the phase contrast board 4 by the side of a back light correspond mutually, and phase contrast is equal to 270nm respectively. Moreover, the phase contrast board 2 and the phase contrast board 3 correspond, and phase contrast is 140nm and is equal, respectively. The lagging axis of the phase contrast boards 1 and 4 which correspond mutually lies at right angles at 90 degrees. Similarly, the lagging axis of the phase contrast boards 2 and 3 also lies at right angles mutually. In addition, the absorption shaft lies at right angles also to the polarizing plate by the side of observation, and the polarizing plate by the side of a back light mutually.

[0061] In the panel of the starting structure, the measurement result in the transparent mode was also shown in drawing 5, and the contrast as which the permeability at the time of a black display expresses a ratio with the time of a white display in 2.0% was 150. In the transparency display mode of this example, as for the phase contrast board 1, the phase contrast board 4 and the phase contrast board 2, and the phase

contrast board 3, phase contrast is equal, the lagging axis lies at right angles, and the permeability of a dark condition becomes small most, and contrast becomes large.

[0062] In addition, the optical property of the reflective transparency mold concomitant use mold liquid crystal display element concerning an example 1 measured according to the definition shown below. The reflection factor and contrast at the time of reflective mode were measured by the definition shown below. That is, from the panel normal, the reflection factor carried out incidence of the parallel light of 30 degrees, and was defined with the reflectivity of the direction of a normal. however, the reflectivity of 100% of reflection factors -- the reflection factor of a standard white board (MgO) -- ** -- it carried out. The value broken by the reflection factor when not impressing the reflection factor at the time of 4.5V impression defined the contrast in reflective mode. The permeability of the transparent mode, and contrast and an angle of visibility were measured by the definition shown below. The value which broke the transmitted light reinforcement after the liquid crystal panel transparency at the time of 4.5V impression by back light light reinforcement defines the permeability of the transparent mode. Contrast is the value which broke the transmitted light reinforcement at the

time of 4.5V impression by transmitted light reinforcement in voltage the condition of not impressing.

[0063] Drawing 6 expresses typically the arrangement relation of the each phase plate and polarizing plate which were shown in drawing 5. The dual leadership arrow head shown in drawing 6 expresses bearing of the lagging axis of a Gentlemen phase reference board, and the absorption shaft of a polarizing plate. This bearing is counterclockwise measured on the basis of the horizontal axis, and that angle numeric value is summarized in the table of drawing 5. The lagging axis of the phase contrast board 1 which corresponds mutually, and the phase contrast board 4 lies at right angles, and the lagging axis of the phase contrast board 2 and the phase contrast board 3 also lies at right angles mutually so that clearly from the mimetic diagram of drawing 6. Moreover, the absorption shaft of the polarizing plate 1 by the side of observation and the polarizing plate 2 by the side of a back light also lies at right angles mutually. In addition, the direction of rubbing by the side of a TFT substrate and the direction of rubbing by the side of CF substrate have antiparallel relation.

[0064] Drawing 7 summarizes the configuration of an example 2 in a table. The example 2 has the same configuration fundamentally with the example 1 which is the ideal structure

shown in drawing 5. A different point is having changed the lagging axis of the phase contrast board 1 by 2-degree unit among 100 degrees - 120 degrees.

[0065] The optical property in the transparent mode of an example 2 was measured on this condition. The result is shown in drawing 8. To the appearance mentioned above, by the example 2, the lagging axis of the phase contrast board 1 was changed to 2-degree unit among 100 degrees - 120 degrees, and permeability and contrast are measured at each angle.

[0066] Drawing 9 graphizes the measurement result of the permeability shown in drawing 8. The lagging axis of the phase contrast board 1 is taken along a horizontal axis, and permeability is taken along the axis of ordinate. When the lagging axis of the phase contrast board 1 is set as 110 degrees which is in an ideal condition so that clearly from a graph, permeability increases to 2%. Permeability falls as it will shift from now on.

[0067] Drawing 10 graphizes the measurement result of the contrast of the example 2 shown in drawing 8. The lagging axis of the phase contrast board 1 is taken along a horizontal axis, and contrast is taken along the axis of ordinate. When the lagging axis of the phase contrast board 1 is set as 110 degrees which is in an ideal condition, contrast becomes the highest at 150. Generally, 10 is considered to be necessity

for contrast at the lowest. Therefore, the lagging axis of a phase contrast board is effective in 100 degrees - 120 degrees.

When based on 110 degrees, if a gap of a lagging axis is settled in the range of **10 degrees, it will be satisfactory practical.

[0068] Drawing 11 makes panel structure of an example 3 a table. Fundamentally, although it was the same as that of an example 1, the phase contrast of the phase contrast board 2 was changed among 110nm - 170nm, and the optical property of the transparent mode was measured.

[0069] Drawing 12 expresses the measurement result of the optical property in the transparent mode of an example 3.

[0070] Drawing 13 graphizes change of permeability among the measurement results shown in drawing 12. The phase contrast of the phase contrast board 2 is taken along a horizontal axis, and permeability is taken along the axis of ordinate. When the phase contrast of the phase contrast board 2 is 135nm, the permeability in a black display mode becomes the highest, and permeability becomes low as it separates from a peak. However, the change has stopped at the range small on the whole.

[0071] Drawing 14 graphizes change of contrast among the measurement results of the example 3 shown in drawing 12, takes the phase contrast of the phase contrast board 2 along a horizontal axis,

and has taken contrast along the axis of ordinate. Contrast becomes the highest, when the phase contrast of the phase contrast board 2 is 140nm which is in an exactly ideal condition so that clearly from a graph. Although about ten are [like] required also at the lowest, the preferably larger thing of contrast mentioned above than 20 is good. In this case, the phase contrast of the phase contrast board 2 sees practical and is enough if close is among about 110nm - 170nm. If based on 140nm of a center, a gap of phase contrast is permissible to **30nm.

[0072] In order to compare an optical property in the perpendicular orientation mode concerning this invention, and homogeneous orientation mode, the reflective transparency concomitant use mold liquid crystal display element of homogeneous orientation was made as an experiment as an example of reference. The optical configuration is summarized in the table Fig. of drawing 15.

[0073] Since the production process is almost the same as what was shown in the example 1, only difference indicates it. The projection by the side of CF substrate first formed in the example 1 was not prepared in homogeneous orientation mode. Next, the orientation film which carries out level orientation instead of a perpendicular orientation film was used for orientation processing. Specifically, SE7492 (Nissan chemistry) was used.

The direction of rubbing was made into the same direction as what is shown in an example 1. Moreover, a dielectric constant anisotropy is positive and, as for the liquid crystal to pour in, deltan used the thing of 0,075. The superposition of a substrate was assembled using the 2.0-micrometer spraying spacer. The configuration of a phase contrast board and a polarizing plate is as having been shown in drawing 15.

[0074] The optical property of the example of reference was measured on the same conditions as an example 1. In the transparent mode, permeability was 2.0 and contrast was 80. As compared with the example of reference of homogeneous orientation, it has checked that the direction of the perpendicular orientation mode of an example 1 was excellent in contrast so that clearly from the result of ****.

[0075] Then, the gestalt of an example 4 is shown in drawing 16. In addition, in order to make an understanding easy, the corresponding reference number is given to the example 1 and the corresponding portion. In the example 1, the structure which removed the transparent electrode 27 by etching in the shape of a circle was used instead of the projection prepared in the CF side substrate. This ITO slit 50 induces the same effect as the projection of an example 1. When the liquid crystal orientation condition at the time of electric field impression of the

transparency field 6 was checked, it checked that liquid crystal was carrying out orientation to the radial the center [an ITO slit]. Thus, the same method as an example 1 estimated the optical property of the produced liquid crystal display element. In the transparent mode, permeability was 2.0 and contrast was 150. It checked that the same result as an example 1 was obtained.

[0076] Then, the gestalt of an example 5 is shown in drawing 17. In addition, in order to make an understanding easy, the corresponding reference number is given to the example 1 and the corresponding portion. It replaced with the projection prepared in the example 1, and the cross-joint-like rib structure 13 was established on ITO. When the liquid crystal orientation condition at the time of electric-field impression of the transparency field 6 was checked, it checked that liquid crystal was carrying out orientation to the radial the center [the cross-joint-like rib structure 13]. Thus, the same method as an example 1 estimated the optical property of the produced liquid crystal display element. In the transparent mode, permeability was 2.0 and contrast was 150. It checked that the same result as an example 1 was obtained.

[0077] In orientation down stream processing performed in the example 1, the liquid crystal display element was produced by the case where only a TFT

substrate performs rubbing processing, the case where only the CF side substrate performs rubbing processing, and the case where rubbing processing is not performed to both substrates, and it considered as the example 6. When only a single-sided substrate performed rubbing processing, the orientation condition of liquid crystal was almost the same as the example 1. When not both substrates performed rubbing processing, it has checked carrying out orientation of the orientation condition of a transparency field to the radial which excelled the example 1 in symmetric property more. The orientation of a reflective field is also effective in the irregularity of a scattered plate making liquid crystal orientation random, and the angle of visibility in reflective mode also became large. In spite of having become random orientation, there was little decline in a reflection factor. This is because the effect of this invention is functioning also in reflective mode. Thus, the same method as an example 1 estimated the optical property of the produced liquid crystal display element. In the transparent mode, permeability was 2.0% and contrast was 150. It checked that the same result as an example 1 was obtained.

[0078] The gestalt of an example 7 is shown in drawing 18. In addition, in order to make an understanding easy, the corresponding reference number is given to the example 1 and the corresponding

portion. It replaced with the projection on CF substrate formed in the example 1, and the spacer pillar 60 with a height of about 4.0 micrometers was formed. As for the transparency field 6, the cross-section configuration set the diagonal line to 8 micrometers with the positive octagon. This CF substrate 1 and the TFT substrate 2 were stuck without the spacer spraying process. Consequently, as for about 4.0m and the reflective section 5, cel thickness found that the transparency section 6 was about 2.0 micrometers like the spraying spacer. When the orientation condition of the liquid crystal of the transparency field 6 was observed to coincidence at the time of electric-field impression, it also checked that the orientation of liquid crystal was controlled by the radial centering on the spacer pillar 60. That is, in this example, while the projection 60 functioned as a spacer which maintains between the TFT substrate 2 and the CF substrate 1, it has checked functioning also as a nucleus for carrying out orientation of the transparency field 6 to a radial. Thus, the same method as an example 1 estimated the optical property of the produced liquid crystal display element. In the transparent mode, permeability was 1.85% and contrast was 150. It checked that the same result as an example 1 was obtained. In addition, although the permeability at the time of voltage ON becomes small a little in order that the

portion of the spacer pillar 60 may not contribute to permeability, other parameters are equal as compared with an example 1.

[0079] The gestalt of an example 8 is shown in drawing 19. The process of orientation processing of an example 1 was changed and orientation control of liquid crystal was performed by technique as shown below. Namely, a TFT substrate and CF substrate print JALS2021 (JSR) as a perpendicular orientation film, and are baked at 180 degrees for 1 hour. After that, the ultraviolet rays which polarized are irradiated alternatively at an orientation film. The mercury lamp was used for the ultraviolet ray lamp. Polarization of ultraviolet rays was realized by passing that to which the laminating of the dielectric multilayers was carried out. Polarization ultraviolet rays were irradiated from bearing which makes the angle of 45 degrees to a substrate normal. Moreover, the direction of radiation which drawing 19 defines was made to become in the same direction as the direction of rubbing of an example 1. Polarization ultraviolet rays irradiated only the reflective section field alternatively by using a mask. The irradiated ultraviolet rays energy is about 1 [J/cm²] in 365nm. By performing the above-mentioned orientation process, orientation processing was able to be performed only in the reflective section.

Both the substrates that performed orientation processing to the such rule were stuck, the liquid crystal display element was produced, and the same evaluation as an example 1 was performed. In the transparent mode, permeability was 2.0 and contrast was 150. Although the optical property was almost the same as the example 1, the transparency field checked to homogeneity that orientation division was carried out with the optical microscope as compared with the example 1.

[0080] The liquid crystal which mixed chiral material as an example 9 was used. In the example 1, only the liquid crystal to pour in was changed and the panel was made as an experiment. Although the liquid crystal material itself used the same thing, it mixed the chiral agent into liquid crystal, and adjusted the chiral pitch to 50 micrometers. This liquid crystal was poured in in the same process as an example 1, it mounted like the example 1, and the optical property was evaluated. In the transparent mode, permeability was 2.0 and contrast was 150. The optical property checked that an angle-of-visibility property was excellent as compared with an example 1, as a result of observing by human being's eyes, although there were not an example 1 and inferiority.

[0081]

[Effect of the Invention] By using this

invention, the effect taken below in a reflective transparency mold concomitant use liquid crystal display element is expectable.

1. In a reflective viewing area, it becomes possible to be compatible in high contrast and a high reflection factor.
2. In a transparency viewing area, it becomes realizable [high contrast, high permeability, and a wide-field-of-view angle].
3. Layout of a phase contrast board is simple, and the number of sheets of a phase contrast board can reduce to a minimum of two sheets, and becomes possible [producing a panel cheaply]. In addition, a phase plate may be two or more pairs, without being restricted to a pair.
4. Since it is in NOMA reeve rack mode of perpendicular orientation, it is not necessary to perform protection from light processing of the cure against contrast. A numerical aperture becomes large because protection from light is unnecessary, and a high reflection factor and high permeability can be realized.
5. Perpendicular orientation mode has the feature that the threshold of a voltage 1 permeability curve is large. Therefore, there is an advantage of being hard to recognize a cross talk.
6. It is also possible to skip a rubbing production process and rubbing washing can also be excluded. While the processes

of two production processes are reduced and baton time amount decreases, the yield fall by rubbing can also be prevented. Dust generating by rubbing can also be prevented to coincidence.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the mimetic diagram showing the fundamental configuration of the liquid crystal display element concerning this invention.

[Drawing 2] It is the mimetic diagram showing the liquid crystal orientation condition of the liquid crystal display element shown in drawing 1.

[Drawing 3] It is the mimetic diagram showing the modification of the liquid crystal display element shown in drawing 1.

[Drawing 4] It is the mimetic diagram showing the example 1 of the liquid crystal display element concerning this invention.

[Drawing 5] It is the table Fig. showing the structure of an example 1.

[Drawing 6] It is the mimetic diagram showing the structure of an example 1.

[Drawing 7] It is the table Fig. showing the configuration of an example 2.

[Drawing 8] It is the table Fig. showing the measurement result of the optical property of an example 2.

[Drawing 9] It is the graph which shows

the measurement result of the optical property of an example 2.

[Drawing 10] It is the graph which shows the measurement result of the optical property of an example 2.

[Drawing 11] It is the table Fig. showing the structure of an example 3.

[Drawing 12] It is the table Fig. showing the measurement result of an example 3.

[Drawing 13] It is the graph which shows the measurement result of an example 3.

[Drawing 14] It is the graph which shows the measurement result of an example 3.

[Drawing 15] It is the table Fig. showing the optical design of the example of reference.

[Drawing 16] It is the mimetic diagram showing other examples.

[Drawing 17] It is the mimetic diagram showing other examples.

[Drawing 18] It is the mimetic diagram showing other examples.

[Drawing 19] It is the mimetic diagram showing other examples.

[Description of Notations]

1 [... A pixel, 5 / ... A reflective field, 6 / ... A transparency field, 7 / ... A crevice, 8 / ... A phase contrast board, 9 / ... A phase contrast board, 10 / ... A polarizing plate, 11 / ... A polarizing plate, 12 / ... Back light] ... A substrate, 2 ... A substrate, 3 ... A liquid crystal layer, 4